

PCT

世界知的所有権機関
国際事務局

特許協力条約に基づいて公開された国際出願



(51) 国際特許分類7 G02B 27/28, 5/18, 5/30, G02F 1/13, G02B 1/1335	A1	(11) 国際公開番号 WO00/33122 (43) 国際公開日 2000年6月8日(08.06.00)
(21) 国際出願番号 PCT/JP99/06659 (22) 国際出願日 1999年11月29日(29.11.99) (30) 優先権データ 特願平10/337165 1998年11月27日(27.11.98) JP 特願平11/27573 1999年2月4日(04.02.99) JP 特願平11/109342 1999年4月16日(16.04.99) JP 特願平11/254390 1999年9月8日(08.09.99) JP (71) 出願人 (米国を除くすべての指定国について) 松下電器産業株式会社 (MATSUSHITA ELECTRIC INDUSTRIAL CO., LTD.) [JP/JP] 〒571-8501 大阪府門真市大字門真1006番地 Osaka, (JP) (72) 発明者 ; および (75) 発明者 / 出願人 (米国についてのみ) 荻原昭文(OGIWARA, Akifumi)[JP/JP] 〒573-1105 大阪府枚方市南樟葉2-7-9 Osaka, (JP) 蔵富靖規(KURATOMI, Yasunori)[JP/JP] 〒669-1324 兵庫県三田市ゆりのき台1-1-L-101 Hyogo, (JP)	田中幸生(TANAKA, Yukio)[JP/JP] 〒607-8405 京都府京都市山科区御陵田山町19 A-104 Kyoto, (JP) 滝本昭雄(TAKIMOTO, Akio)[JP/JP] 〒572-0016 大阪府寝屋川市国松町4-1 Osaka, (JP) 山岸成多(YAMAGISHI, Shigekazu)[JP/JP] 〒569-1041 大阪府高槻市奈佐原1-13-304-402 Osaka, (JP) (74) 代理人 大前 要(OHMAE, Kaname) 〒540-0037 大阪府大阪市中央区内平野町2-3-14 ライオンズビル大手前2階 Osaka, (JP) (81) 指定国 KR, US, 欧州特許 (DE, FR, GB) 添付公開書類 国際調査報告書	
(54)Title: POLARIZED LIGHT ILLUMINATOR, IMAGE DISPLAY, PORTABLE INFORMATION TERMINAL, HEAD-UP DISPLAY, METHOD FOR PRODUCING DIFFRACTION OPTICAL DEVICE, METHOD FOR PRODUCING POLARIZED LIGHT ILLUMINATOR, AND METHOD FOR PRODUCING IMAGE DISPLAY (54)発明の名称 偏光照明装置、画像表示装置、携帯情報端末装置、およびヘッドアップディスプレイならびに回折光学素子の製造方法、偏光照明装置の製造方法、および画像表示装置の製造方法 (57) Abstract An optical medium of a mixture of liquid crystal and a polymer precursor is disposed between a pair of glass substrates (1202) and exposed to light, e.g., in the form of interference fringes having a wavelength of about 515 nm and produced using a laser beam of an Ar laser for about 5 minutes, while heated at, e.g., 50° to 70 °C. On starting exposure, the polymer precursor starts to be cured (first stage), and periodically arranged polymer columns (1203) are formed, as shown in Figure 10(a). When the exposure is further continued, liquid crystal molecules gathering in dark regions are aligned macroscopically uniformly perpendicularly to the walls of the cured polymer columns (1203), as shown in Figure 10(b) (second stage). A diffraction optical device thus fabricated exhibits a high polarized-light selectivity and a high diffraction efficiency. A polarized light illuminator and an image display comprising such a diffraction optical device can realize display of a bright and high-contrast image. <div data-bbox="1375 1685 1812 2499"><p>A ... DISTRIBUTION OF INTENSITY OF ILLUMINATING LIGHT B ... (a) LASER BEAM (515 nm) FOR FORMING GRATING C ... (b) LASER BEAM (515 nm) FOR ALIGNING LIQUID CRYSTAL (65°C) D ... (c) LASER BEAM (515 nm) FOR ALIGNING LIQUID CRYSTAL (23°C)</p></div>		

AN

(57)要約

1 対のガラス基板 1 2 0 2 の間に液晶と高分子前駆体とを混合した光学媒体を配置し、例えば 5 0 °C ~ 7 0 °C 程度に加熱した状態で例えば A r レーザにより 5 1 5 n m 程度の波長のレーザ光を用いた干渉縞によって 5 分間程度露光する。露光が開始されると（第 1 段階）高分子前駆体の硬化が始まり、図 1 0 （a）に示すように、周期的な配置の高分子柱 1 2 0 3 が形成される。さらに露光が続くと（第 2 段階）図 1 0 （b）に示すように、暗部に集まった液晶分子が、硬化した高分子柱 1 2 0 3 の壁面に対して垂直な方向に巨視的に一様に配向するようになる。このようにして形成された回折光学素子は、高い偏光選択性と回折効率を示し、これを用いることにより、明るく高コントラストな画像を表示し得る偏光照明装置や画像表示装置などを構成することができる。

PCTに基づいて公開される国際出願のパンフレット第一頁に掲載されたPCT加盟国を同定するために使用されるコード(参考情報)

AE	アラブ首長国連邦	DM	ドミニカ	KZ	カザフスタン	RU	ロシア
AL	アルバニア	EE	エストニア	LC	セントルシア	SD	スーダン
AM	アルメニア	ES	スペイン	LI	リヒテンシュタイン	SE	スウェーデン
AT	オーストリア	FI	フィンランド	LK	スリ・ランカ	SG	シンガポール
AU	オーストラリア	FR	フランス	LR	リベリア	SI	スロヴェニア
AZ	アゼルバイジャン	GA	ガボン	LS	レソト	SK	スロヴァキア
BA	ボスニア・ヘルツェゴビナ	GB	英国	LT	リトアニア	SL	シエラ・レオネ
BB	バルバドス	GD	グレナダ	LU	ルクセンブルグ	SN	セネガル
BE	ベルギー	GE	グルジア	LV	ラトヴィア	SZ	スワジランド
BF	ブルキナ・ファソ	GH	ガーナ	MA	モロッコ	TD	チャード
BG	ブルガリア	GM	ガンビア	MC	モナコ	TG	トーゴ
BJ	ベナン	GN	ギニア	MD	モルドヴァ	TJ	タジキスタン
BR	ブラジル	GW	ギニア・ビサウ	MG	マダガスカル	TZ	タンザニア
BY	ベラルーシ	GR	ギリシャ	MK	マケドニア旧ユーゴスラヴィア	TM	トルクメニスタン
CA	カナダ	HR	クロアチア		共和国	TR	トルコ
CF	中央アフリカ	HU	ハンガリー	ML	マリ	TT	トリニダード・トバゴ
CG	コンゴ	ID	インドネシア	MN	モンゴル	UA	ウクライナ
CH	スイス	IE	アイルランド	MR	モーリタニア	UG	ウガンダ
CI	コートジボアール	IL	イスラエル	MW	マラウイ	US	米国
CN	中国	IN	インド	MX	メキシコ	UZ	ウズベキスタン
CM	カメルーン	IS	アイスランド	NE	ニジェール	VN	ヴェトナム
CR	コスタ・リカ	IT	イタリア	NL	オランダ	YU	ユーゴスラビア
CU	キューバ	JP	日本	NO	ノルウェー	ZA	南アフリカ共和国
CY	キプロス	KE	ケニア	NZ	ニュージーランド	ZW	ジンバブエ
CZ	チェコ	KG	キルギスタン	PL	ポーランド		
DE	ドイツ	KP	北朝鮮	PT	ポルトガル		
DK	デンマーク	KR	韓国	RO	ルーマニア		

明 細 書

- 偏光照明装置、画像表示装置、携帯情報端末装置、
5 およびヘッドアップディスプレイ
ならびに回折光学素子の製造方法、偏光照明装置の製造方法、
および画像表示装置の製造方法

技 術 分 野

10

- 本発明は、偏光方向の揃った光源光を発する偏光照明装置、およ
びそのような偏光照明装置が用いられる画像表示装置に関するもの
である。上記画像表示装置は、携帯情報端末装置や、車載用または
15 個人ユース用などのヘッドアップディスプレイ、投写型プロジェク
タ、画像表示用のモニタ、道路交通標識または情報表示等などに用
いられる。

- 本発明は、また、上記偏光照明装置や画像表示装置の製造方法、
およびこれらの装置や、光記録または読みとりを行う光情報処理装
20 置などに用いられる回折光学素子、およびその製造方法に関するも
のである。

背 景 技 術

25

- 液晶表示素子を用いた画像表示装置は、薄く、軽量であり、また、

近年、大容量化やTFT素子の導入等によって高精細化が進んだことなどにより、ノート型パーソナルコンピュータのモニターや携帯情報端末用のモニターなどとして幅広く用いられている。また、1インチ程度の小型の液晶表示素子をライトバルブとして用い、その映像を拡大投写系によって大きなスクリーンに表示する投写型プロジェクタも、近年、解像度や輝度の向上によって大きな市場が期待されている。特に反射型のライトバルブを用いたものは、解像度の向上に伴って画素サイズが小さくなっても、TFT素子パターンなどを反射電極の裏面側に形成することで画素の有効面積を大きくして光利用効率を高くできるため、さらなる解像度の向上に対しても対応可能な素子として注目されている。

上記のような液晶表示素子は、画素ごとに印加する電圧を制御して入射光の偏光方向を変化させる偏光変調を行うことにより画像を表示するようになっている。すなわち、例えばツイステッドネマティック液晶からなる液晶層では、電界が印加された画素では入射した光束の偏光方向が変化せずに出射する一方、電界が印加されていない画素では偏光方向が概ね90°変化して出射する。そこで、例えば偏光子や偏光ビームスプリッタを介して所定の偏光方向の光を入射させ、液晶層を透過させた後再度偏光子に入射させると、電界が印加された画素では偏光子に入射した光はそのまま通り抜ける一方、電界が印加されていない画素では偏光方向が90°変化しているために偏光子に吸収される。これにより、画素ごとに明暗が制御され、画像が表示される。

ところが、上記のように所定の偏光方向の光を入射させるために偏光子や偏光ビームスプリッタを用いると、他の偏光方向の光は表示に利用されないため、光利用効率を50%以上にはできない

ず、明るい画像を表示することが困難である。特に、投写型プロジェクタの場合には室内をあまり暗くしなくても認識できるような明るい投写画像の表示が困難になる。

そこで、例えば投写型プロジェクタなどの場合には、液晶表示素子に光源光を照射する偏光照明装置として、光源からの光束における一方の偏光方向の光束を他方の偏光方向に変換する偏光変換素子を用いるものが提案されている。具体的には、例えば、特開平 7 - 2 9 4 9 0 6 号公報には、レンズ板と、誘電体多層膜（偏光分離膜）が形成された偏光ビームスプリッタの機能を有するプリズムとを組み合わせた偏光変換素子が開示されている。この概略を図 3 4 に示す。これによれば、アレイ状のレンズが形成されたレンズ板 9 9 0 1 に入射した光波は、光束が絞られて 1 列おきのプリズム 9 9 0 2 に入射する。上記プリズム 9 9 0 2 には誘電体多層膜が形成され、P 波 9 9 0 5 はそのまま通過する一方、S 波 9 9 0 4 はプリズムで反射されて隣のプリズムに入射し、さらに反射された後、位相差板 9 9 0 3（ $1/2$ 波長板等）により偏光方向が 90° 回転して P 波として出射する。すなわち、光束の幅が入射光束とほぼ同じで偏光方向が揃った光束を得ることができる。ここで、上記のような偏光変換素子は、多くの場合、光源光の均一性を高めるためのインテグレートと組み合わせて用いられる。上記インテグレートとしては、例えば特開平 3 - 1 1 1 8 0 号公報または特開平 5 - 3 4 6 5 5 7 号公報等に、2 枚のレンズ板を用いたものが開示されている。これは原理的には露光機に使用されているものと同じで、光源からの平行光束を複数の矩形レンズによって分割し、各矩形レンズの像を、各矩形レンズに 1 対 1 で対応するリレーレンズで液晶ライトバルブに重畳結像させるものである。

しかしながら、上記のような偏光変換素子では、上記プリズムが例えば誘電体多層膜との屈折率マッチングをとるための液体または固体を満たしたキューブ形状体を用いて構成され、上記誘電体多層膜は光の伝搬方向を90°曲げるために45°に配置されている。

- 5 このため、各プリズムを構成する誘電体多層膜の大きさによって厚さ方向の寸法が決定され、薄く小型の素子を構成することが困難である。しかも、偏光分離度を高めるためには誘電体多層膜を何重にも成膜する必要があるが、製造コストが高くつく。

- また、上記のようにインテグレートと偏光変換素子とを組み合わせる場合、インテグレートを構成する各レンズと偏光変換素子の各プリズムとのアライメントが正確でないと偏光変換効率が低下するため、両者を厳密に位置合わせする必要があるが、そのために、やはり製造コストの増大を招きがちである。また、例えば照明光の均一性をさらに向上させるために、インテグレートを構成するレンズを
10 微細化してその数を増加させる場合や、特開平5-346557号公報に示されるように、光利用効率を向上させるために上記レンズの大きさを領域ごとに変化させる場合には、これらに応じて偏光変換素子のプリズムも微細化したり領域ごとに変化させたりする必要があるが、mm単位の多くのプリズムを高い均一性で形成
15 することは困難であるうえ、位置合わせも一層困難になる。
20

次に、上記のような偏光変換素子等において2つの偏光光（P偏光とS偏光）を分離するために用いられる偏光ビームスプリッタについて説明する。

- 25 偏光ビームスプリッタは、例えば、透明な外部媒質の表面または1対の外部媒質の間に、 MgF_2 （屈折率：1.39）や TiO_2

(屈折率：2.3.0)のような屈折率の異なる2種類の膜を交互に多層成膜されて形成される。このような偏光ビームスプリッタでは、次のような原理によって偏光光が分離される。すなわち、P偏光は、上記のような多層膜にブリュースター角と呼ばれる入射角度で入射すると、界面では全く反射せず、100%透過する。一方、S偏光は、多層膜の各層の膜厚を最適化することにより、光の干渉効果によって各層の界面での反射光が強め合い、結果として多層膜全体でのS偏光の反射光強度が大きくなる。

ところで、投写型プロジェクタにおいて明るい画像表示を行うためには、光源からより多くの光を取り込めるように光学系にF値(焦点距離/レンズ径)の小さいものを使用される。ところが、偏光ビームスプリッタに入射する光束と光軸とがなす角度の最大値 θ は

$$\theta = \tan^{-1} (1 / 2 F)$$

で表され、例えば $F = 3.0$ のレンズを用いた場合には上記 θ は 9.5° 程度となる。このように光軸と光束とのずれが大きい場合には、上記多層膜の膜厚が最適値ではなくなるため、偏光選択性が低下して表示画像のコントラストが低下したり輝度がかえって減少したりする。具体的には、例えばライトバルブに入射したS波が、表示画像の黒部分ではS波のまま反射され偏光ビームスプリッタでさらに反射されて投写光学系に入らずにスクリーン上で黒表示となるべきところが、光軸方向からずれた光線に対してはS波が完全にはゼロとならず透過する成分が生じるために、上記本来黒表示となる部分に光が届き、黒の浮きが大きくなる(コントラストが低下する)。

すなわち、従来の偏光ビームスプリッタを用いた画像表示装置では、光軸からずれた方向の光束などに対して偏光ビームスプリッタによって高い偏光選択性を得ることができないために、表示画像の

明るさやコントラストを増大させることが困難であるという問題点を有していた。

また、近年、カーナビゲーション装置用のモニタや、個人のビデオや画像情報の視聴を目的とした持ち運び可能なディスプレイの用途が増加している。これらは、ヘッドアップディスプレイや、モバイルツールと呼ばれる携帯電話を始めとする携帯情報端末用の低消費電力タイプのディスプレイとして位置づけられている。このようなディスプレイに対して要求される共通の条件としては、小型、軽量、薄型、低消費電力が上げられる。また、ヘッドアップディスプレイにおいては、表示画面と外界との切り換えを行う必要性もあり、画面が透明、つまり、シースルー画面であることが望ましい。

しかしながら、通常、液晶表示素子を用いた画像表示装置は、前記のように、液晶表示素子に印加する電界の大きさに応じて入射する光の偏光方向を変調するとともに、液晶表示素子の前後にクロスニコルに配置された偏光子の透過度が入射光の偏光状態によって異なることを利用して明暗等の画像情報を表示するものである。このような方式では、偏光子は吸収タイプであるため光の透過度が低い。更に、偏光子をクロスニコルに組み合わせて構成しているため、この偏光子の組み合わせのみの状態では光の透過度はほとんどなく黒の状態である。従って、画像表示と併せて、前記液晶パネルを通して外界の情報を得ることが困難であり、シースルータイプのヘッドアップディスプレイとしての利用はできないという問題がある。

さらに、偏光子は光の吸収により特定の偏波成分のみを透過させる構成であるため、偏光子によって吸収された光は内部で熱に変換される。そのため、入射する光量が増加すると、偏光子内部での発

熱の影響が無視できなくなり、偏光子の光変調作用の機能の低下や素子の劣化といった問題が生じてくる。

また、液晶ディスプレイはCRTのような自発光タイプのデバイスではないため、画像表示用に専用の光源を必要とする。液晶ディスプレイの消費電力の内、この光源用に使用される電力の割合が全体の半分程度を占め低消費電力化に対する壁となっている。このため、専用の照明用の光源を用いることなく画像を表示する方式が検討されている。このための方式として、自然光や室内の照明光のような外部光を光源として利用して液晶表示素子と反射板を組み合わせた反射型の画像表示装置がある。この構成によれば専用の光源を必要としないため、低消費電力化が可能となる。ところが、一般に外部光を利用した反射型画像表示装置では、外部光によるガラス基板での表面反射光が表示画像と重畳してしまい、表示画像のコントラストが低下し画像が見にくくなる。このため、表示面にホログラムを配置して、表面反射方向と画像表示方向を分離して視認性を向上させる試みが行われている。

具体的には、例えば、”Design of Hologram for Brightness Enhancement in Color LCDs”、G.T.Valliaath、SID 98 DIGEST 44.5L P1139に記載されたものが知られている。この画像表示装置は、例えば図36に示すような構成を有している。すなわち、外部からの入射光は前面のホログラム9206に入射し、ホログラム内部の格子構造により回折作用を受け進行方向が曲げられて偏光子9205へと入射する。偏光子9205では特定の偏光成分（P波またはS波）のみが通過し、さらにRGBカラーフィルタ9204および液晶層9203を通過し、内部反射ミ

ラー 9 2 0 2 で反射された後、再び液晶層 9 2 0 3 を通過する。上記液晶層 9 2 0 3 を 2 回通過する間に、前記のように偏光変調が行われ、画像信号に応じた偏光方向の光が液晶層 9 2 0 3 から出射する。その後、偏光子 9 2 0 5 を透過した特定の偏光成分が、ホログラム 9 2 0 6 で回折され進行方向が変化して 1 点鎖線の矢印の方向
5 に出射し、観察者 9 1 0 6 によって認識されることになる。

上記のように、表面にホログラムを用いることで、入射光の表面反射（グレア）の方向と画像の表示方向を分離することが可能になる。すなわち、表面反射成分によるコントラストの低下等の影響を
10 受けないようにすることにより、表示画像の視認特性の向上が図られている。

しかしながら、ホログラムは回折作用により光波の方向を曲げるため、光波の波長により回折角度が変化する。このため、回折作用により表示方向が変化した画像は波長毎に色ズレが生じるという問題
15 がおこる。

また、さらに、反射型方式では照明光として用いる外部光の状態により画像の表示状態が変化することになる。例えば、夜間室内の照明光が暗い場合や照明光が使用できないような場所での画像情報の視聴は困難となる。このため、内部の光源としてのバックライト
20 と外部光とを使用する場所や環境条件等にあわせて切り換えを行い、低消費電力化と画像情報の視聴の利便性とを兼ね備えたような構成が望ましい。ところが、外部光を利用するためには液晶表示素子の前面に 1 枚の偏光子を置いた反射型の構成をとるのが適しており、内部の光源を利用するためには液晶表示素子の前後にクロスニコル
25 に偏光子を配置した透過型の構成にするのが適している。この両方式を同時に満足させるためには、偏光子を 2 枚用いた構成をとるこ

とが考えられるが、吸収型の偏光子を用いた場合は透過度が低く、外部光による反射型での画像表示においては画面の輝度が著しく低下し画質が劣化する。従って、内部光源と外部光との併用での使用は困難であるという課題がある。

5

発 明 の 開 示

本発明は、上記の点に鑑み、構成の簡素化を図り得るとともに、
10 厳密な位置合わせを必要とすることなく、しかも高い偏光変換効率を得ることができる偏光照明装置、およびそのような偏光照明装置等を用いるなどして、明るく高コントラストな画像を表示し得る画像表示装置の提供を目的としている。また、上記のような偏光照明装置や画像表示装置等に用いられ、安定して高い偏光選択性や回折
15 効率を有し、しかも安価な回折光学素子の提供を目的としている。

また、本発明は、設定された所定の表示方向からの視認性がよい画像表示装置や、シースルー型の表示が可能な画像表示装置、また、内部光源であるバックライトと外部光との併用ができる低消費電力型の画像表示装置の提供をも目的としている。

20

上記目的を達成するため、本発明の請求項1の発明は、偏光照明装置において、

光源と第1レンズアレイ及び第2レンズアレイからなるインテグ
レータと周期構造中に配向した液晶分子を含んだ複数の回折光学素
25 子を少なくとも具備し、前記回折光学素子は前記光源からの入射光を光軸または光軸を含む少なくとも1つの平面に対し対称な角度で

回折させることを特徴としている。

これにより、光源からの入射光の所定の偏光成分（P波またはS波）はそれぞれ光軸等に対して対称な方向に回折されるので、波長の相違による回折角のずれは互いに逆方向になる。それゆえ、回折した光がライトバルブなどの照明対象上で重畳されたときに、上記回折角のずれの影響が打ち消されるので、ライトバルブ等に照射される光の色ずれを低減することができる。

また、請求項2の発明は、偏光照明装置において、

10 光源と第1レンズアレイ及び第2レンズアレイからなるインテグレートと周期構造中に配向した液晶分子を含んだ第1および第2の回折光学素子を少なくとも具備し、前記回折光学素子は、前記光源からの入射光を回折させる角度が光軸近傍の中央部に対し、周辺部では小さくなるように回折光学素子の周期構造が形成されていること
15 とを特徴としている。

上記回折角は、例えば、前記インテグレートより前記回折光学素子に集光される光束の幅を a とし、光の進行方向における第1と第2の回折光学素子間の間隔を d とするとき、前記第1の回折光学素子からの回折角 θ は、 $\theta \geq \tan^{-1} a/d$ を満たすように設定す
20 ることが好ましい。

これにより、光束の断面積が大きな中央部では回折光学素子からの透過光と回折光との重なりが防止または小さく抑えられるのでP波とS波の分離度を高くすることができるとともに、周辺部では回折光の広がりが小さく抑えられ、ライトバルブ等に入射する光束の
25 集中角が小さくなるので、表示画像のコントラストの低下を防止したり、投写レンズとして有効径の小さな安価な物を用いることがで

きる。

また、請求項 4 の発明は、偏光照明装置において、

光源と第 1 レンズアレイ及び第 2 レンズアレイからなるインテグ
5 レータと第 1 レンズアレイと第 2 レンズアレイの間に配置された
周期構造中に配向した液晶分子を含んだ回折光学素子とを少なくと
も具備し、前記第 2 レンズアレイは開口中心と曲率中心が一致する
レンズと開口中心と曲率中心が異なるレンズが交互に並んだレンズ
群により構成されていることを特徴としている。

10 これにより、例えば前記回折光学素子からの透過光は開口中心と
曲率中心が一致したレンズ群に入射し、回折光は開口中心と曲率中
心が異なるレンズ群に入射するようにすることにより、回折光学素
子で回折した光束の光路の方角を回折前の光路の方向とほぼ同じに
15 することができるので、1 枚の回折光学素子を用いて P 波と S 波と
を分離することができるとともに、両者の光路の方向をほぼ同じ方
向に揃えることができる。

また、請求項 6 の発明は、偏光照明装置において、

光源と第 1 レンズアレイ及び第 2 レンズアレイからなるインテグ
20 レータと周期構造中に配向した液晶分子を含んだ回折光学素子と複
数の $\lambda/2$ 板から成る位相板を少なくとも具備し、前記位相板上の
 $\lambda/2$ 板の面積が光軸近傍の中央部に対し周辺部では小さくなるよ
うに構成されていることを特徴としている。

より具体的には、例えば前記インテグレータから集光された複数
25 の光束が前記位相板に入射するとき、前記複数の光束の位相板上で
の面積と前記位相板上の $\lambda/2$ 板の面積とが概ね等しいように設定

すればよい。

これにより、中央部と周辺部とで断面積の異なる光束の偏光方向をそれぞれ適切に変換することができるので、高い偏光変換効率を得ることができる。

5

また、請求項 8 の発明は、請求項 6 に記載の偏光照明装置において、

前記位相板はラビングによる配向処理が施された高分子からなる薄膜を形成した透明絶縁性基板で挟まれた領域に光硬化型液晶を封入し、マスクを介する光照射によって形成されたことを特徴としている。

10

これにより、前記のような位相板を高い精度で形成することが容易にできる。

15 また、請求項 13 の発明は、偏光照明装置において、

光源と周期構造中に配向した液晶分子を含んだ回折光学素子と反射型のライトバルブと前記ライトバルブ上の光学像を拡大投写する投写光学系を少なくとも具備し、前記回折光学素子は前記光源からの入射光の 1 方向の偏波成分を反射し、前記入射光の偏波成分に対し概ね直交する偏波成分は前記ライトバルブに入射し、ライトバルブ上で反射された光波の 1 方向の偏波成分を投写光学系へと導くように構成されていることを特徴としている。

20

これにより、上記回折光学素子の高い偏光選択性および回折効率によって、高い光利用効率で、所定の偏波成分をライトバルブに入射させ、また、ライトバルブによって偏光変調された光束のうちの所定の偏波成分だけを投写光学系に導くことができるので、明るく、

25

かつ高コントラストな画像を表示することができる。また、前記光源からの光束を概ね赤、緑、青に対応する3つの光束に色分解し、前記3つの光束に対してピッチの異なる周期構造を有する複数の回折光学素子を組み合わせれば、何れの波長の光に対しても光利用効
5 率を高くすることができるので、一層明るく高コントラストなカラー画像などを表示することができる。

また、請求項17の発明は、回折光学素子の製造方法において、透明絶縁性基板で挟まれた領域に液晶とモノマー、オリゴマー、
10 ポリマーの少なくとも1つ以上を含み、前記透明絶縁性基板上にレーザー光の2光束干渉による周期的な強度分布を照射し、モノマー、オリゴマー、ポリマーの少なくとも1つ以上が部分的に硬化する第1の工程と前記部分的に硬化した領域に対し液晶分子が配向する第2の工程を経ることを特徴としている。

15 これにより、偏光選択性および回折効率の高い回折光学素子を形成することができる。また、前記回折光学素子が光重合開始剤及び色素を含むことにより、上記各工程を効率よく行うことができる。

また、請求項19の発明は、回折光学素子の製造方法において、
20 透明絶縁性基板上に高分子からなる配向処理が施された薄膜を形成し、前記薄膜上に光または熱硬化型の液晶分子を配向させた後に硬化させる第1の工程と、前記液晶分子上に高分子薄膜を形成した後光または熱硬化型の液晶分子を前記液晶分子方向に対し概ね直交する方向に配向させるように形成する第2の工程からなり、第1
25 と第2の工程を複数回行うことを特徴としている。

また、請求項20の発明は、回折光学素子の製造方法において、

透明絶縁性基板上に高分子からなる配向処理が施された薄膜を形成し、前記薄膜上に光または熱硬化型の液晶分子を配向させた後に硬化させる複数回の工程を含み、前記液晶分子の常光屈折率は概ね等しく異常光屈折率が異なる液晶分子層を交互に積層することを特徴としている。

ここで、前記回折光学素子が配向した液晶分子を含んで構成され、且つ光重合性モノマーまたは光架橋可能性液晶ポリマーあるいはオリゴマーが添加され、紫外領域の波長の光照射に対し、液晶の分子軸の方向が固定化されるようにし、また、前記液晶分子の硬化工程は、不活性ガス雰囲気中で行われるようにすることが好ましい。

これらにより、レーザ光の干渉縞による露光をすることなく、しかも、所望の厚さおよび液晶分子の配向方向や屈折率の層が積層された回折光学素子を容易に形成することができる。

また、請求項 23 の発明は、回折光学素子の製造方法において、透明絶縁性基板で挟まれた領域に液晶とモノマー、オリゴマー、ポリマーの少なくとも 1 つ以上を含み、前記透明絶縁性基板上にレーザ光の 2 光束干渉による周期的な強度分布を照射し、モノマー、オリゴマー、ポリマーの少なくとも 1 つ以上が部分的に硬化する第 1 の工程と前記部分的に硬化した領域に対し液晶分子が配向する第 2 の工程を含み、光照射中の前記透明絶縁性基板の温度を液晶のネマティックからアイソトロピックへの転移温度（以下 N-I 点温度と略記する）の概ね $1/2$ から N-I 点より概ね 10°C 低い温度範囲に保持することを特徴としている。

これにより、偏光選択性および回折効率の高い回折光学素子を容易、かつ確実に形成することができる。また、前記回折光学素子が

光重合開始剤及び色素を含むことにより、上記各工程を効率よく行うことができる。

また、請求項 24 の発明は、回折光学素子の製造方法において、
5 ラビングによる配向処理が施された高分子からなる薄膜を形成した透明絶縁性基板で挟まれた領域に液晶とモノマー、オリゴマー、ポリマーの少なくとも 1 つ以上を含み、前記透明絶縁性基板上にレーザー光の 2 光束干渉による周期的な強度分布を照射するとき、モノマー、オリゴマー、ポリマーの少なくとも 1 つ以上が部分的に硬化
10 する第 1 の工程と前記部分的に硬化した領域に対し液晶分子が配向する第 2 の工程を含んでおり、前記液晶分子の配向方向が前記高分子薄膜に施されたラビング処理方向と概ね一致することを特徴としている。

これにより、一層、偏光選択性および回折効率の高い回折光学素
15 子を容易、かつ確実に形成することができる。

また、請求項 25 の発明は、回折光学素子の製造方法において、
透明絶縁性基板で挟まれた領域に液晶とモノマー、オリゴマー、ポリマーの少なくとも 1 つ以上を含み、前記透明絶縁性基板上にお
20 ける所定の領域に概ね $1\mu\text{m} \sim 10\mu\text{m}$ のピッチの周期構造を有する光強度を照射する工程と、上記所定の領域を囲む領域に光強度を照射する工程とを有することを特徴としている。

これにより、透明絶縁性基板をシール剤などによって接着する工程を行う必要がないので、回折光学素子の製造工程を簡素化し、製
25 造コストを低減することができる。

- また、請求項 2 6 の発明は、回折光学素子の製造方法において、透明絶縁性基板で挟まれた領域に液晶とモノマー、オリゴマー、ポリマーの少なくとも 1 つ以上を含み、前記透明絶縁性基板上にレーザー光の 2 光束干渉による周期的な強度分布を照射し、モノマー、オリゴマー、ポリマーの少なくとも 1 つ以上が部分的に硬化する第 1 の工程と前記部分的に硬化した領域に対し液晶分子が配向する第 2 の工程を含むとき、さらに、光照射側と反対側の前記透明絶縁性基板上に位相板を周期的に形成する工程を有することを特徴としている。
- これにより、精度の高い周期的な位相板を容易に形成することができるとともに、回折光学素子と位相板とが一体的に形成されるので、これを用いる装置の構成および組み付け工程を簡素化することができる。

- なお、上記請求項 2 3 ~ 2 6 のいずれかの工程を 2 つ以上組み合わせさせて用いるようにしてもよい。

- また、請求項 3 3 の発明は、画像表示装置において、偏光変調素子と周期構造中に配向した液晶分子を含んだ回折光学素子とを少なくとも含んで構成されることを特徴としている。
- ここで、前記画像表示装置は、反射板または反射板を兼ねる反射電極や、 $\lambda/4$ 板、偏光子、散乱板、偏光変換フィルムなどの位相差フィルム、またはカラーフィルタなどを備えるようにしてもよい。
- これにより、上記回折光学素子の高い偏光選択性および回折効率によつて、高い光利用効率で、明るく、かつ高コントラストな画像を表示することのできる透過型や反射型、またカラーの画像表示装置を構成することができる。

また、請求項 39 の発明は、回折光学素子の製造方法において、
透明絶縁性基板で挟まれた領域に液晶とモノマー、オリゴマー、
ポリマーの少なくとも 1 つ以上を含み、前記透明絶縁性基板上にレ
5 ーザ光の 2 光束干渉による周期的な強度分布を照射し、モノマーオ
リゴマー、ポリマーの少なくとも 1 つ以上が部分的に硬化する第 1
の工程と前記部分的に硬化した領域に対し液晶分子が配向する第 2
の工程を含むとき、光照射側と反対側の絶縁性基板は前記レーザー光
を概ね吸収する基板上に設置されていることを特徴としている。
10 これにより、光照射側と反対側の絶縁性基板を透過したレーザー光
は上記基板によって吸収されるので、上記基板やジグなどからの反
射光によって設計値とは異なるピッチを有する格子が形成されたり、
スベックルノイズが生じたりするのを防止でき、したがって、高い
回折効率の回折光学素子を形成することができる。

15

また、請求項 40 の発明は、回折光学素子の製造方法において、
透明絶縁性基板で挟まれた領域に液晶とモノマー、オリゴマーポ
リマーの少なくとも 1 つ以上を含み、前記透明絶縁性基板上にレ
ーザ光の 2 光束干渉による周期的な強度分布を照射し、モノマー、オ
20 リゴマー、ポリマーの少なくとも 1 つ以上が部分的に硬化する第 1
の工程と、前記部分的に硬化した領域に対し液晶分子が配向する第
2 の工程を含むとき、光照射側の透明絶縁性基板上に所定の入射角
度範囲内より入射する光束を散乱せしめ、かつ前記所定の入射角度
範囲外より入射する光束を概ね透過せしめる散乱異方性を有するフ
25 ィルムを配置し、反対側の透明絶縁性基板は前記レーザー光を概ね吸
収する基板上に設置されていることを特徴としている。

これにより、散乱特性を有する回折光学素子や、レーザ露光時の
2 光束光を発散光または収束光とすることで回折する光波の広がり
角に変化を持たせる回折光学素子を形成することができる。このよ
うな回折光学素子は、例えば画像表示装置の視野域を変えるためな
5 どに用いることができる。

また、請求項 41 の発明は、請求項 39 または 40 のいずれかに
記載の回折光学素子の製造方法において、

前記透明絶縁性基板は概ね数十～数百 μm の厚さを有することを
10 特徴としている。

このような厚さの例えばプラスチックフィルムなどを用いること
により、非常に薄く、かつ優れた偏光分離特性と高い効率を有する
回折光学素子を作製できる。すなわち、回折光学素子をフィルム化
することができ、偏光フィルムやフィルム状のフィルタなどと同様
15 の取り扱いができるので、幅広い応用分野に適用範囲が広がるとと
もに、例えばこれを用いる画像表示装置における主な組み立て工程
とは別の工程などでいわゆる後付けによって組みつけたりすること
などもできる。

20 また、請求項 49 または請求項 50 の発明は、携帯情報端末装置
またはヘッドアップディスプレイを請求項 33 に記載の画像表示装
置により構成したことを特徴としている。

これにより、視認性などの表示特性と操作性に優れ、利便性を有
するこれらの装置を構成することができる。

25

また、請求項 52 の発明は、偏光照明装置において、

光源と周期構造中に配向した液晶分子を含んだ回折光学素子と位相板と導光板とを少なくとも含んで構成されることを特徴としている。

前記回折光学素子は、例えば入射光の1方向の偏波成分に対し光の回折を生じ且つ前記入射光の1方向の偏波成分に対し概ね直交する成分に対しては概ね透過させる機能を有している物、特に液晶分子の光軸の傾斜からなる周期構造を有している物を用いることができる。

これにより、偏光方向の揃った光量の大きい光源光を出射させることができるので、偏光変調素子と組み合わせて、高い光利用効率で、明るく、かつ高コントラストな画像を表示することができる。

また、請求項59の発明は、回折光学素子の製造方法において、透明絶縁性基板で挟まれた領域に液晶とモノマー、オリゴマー、ポリマーの少なくとも1つ以上を含み、前記透明絶縁性基板上に複数の領域に分割されたマスクを介してレーザ光の2光束干渉による周期的な強度分布を照射した後、前記マスクと反転したパターンを有するマスクを介して均一な光照射を行うことを特徴としている。

これにより、上記複数の各領域がシール剤などによって区切られたのと同様な構造を形成することができるので、各領域の間の部分で切断することにより、複数の回折光学素子を効率よく、かつ高い均一性で製造することができ、製造コストを低減することができる。

また、請求項64の発明は、回折光学素子において、透明絶縁性基板で挟まれた領域に液晶とモノマー、オリゴマー、ポリマーの少なくとも1つ以上を含み、前記透明絶縁性基板上にレ

ーザ光の2光束干渉による周期的な強度分布を照射し、モノマー、オリゴマー、ポリマーの少なくとも1つ以上が部分的に硬化する第1の工程と前記部分的に硬化した領域に対し液晶分子が配向する第2の工程とを経て形成されたことを特徴としている。

5 ここで、前記第2の工程における液晶分子の配向方向が、前記第1の工程における前記部分的に硬化した部分の壁面にほぼ垂直な方向であることが好ましい。

また、前記透明絶縁性基板への前記レーザ光の照射が、所定の温度、例えば液晶のネマティックからアイソトロピックへの転移温度
10 (以下 N-I 点温度と略記する) の概ね $1/2$ から N-I 点より概ね 10°C 低い温度範囲に加熱された状態で行われることにより形成された物であることが好ましい。

これにより、偏光選択性および回折効率の高い回折光学素子を得ることができる。

15

また、請求項68の発明は、

請求項1の偏光照明装置であって、前記回折光学素子は、光軸を通り互いに直交する2本の直線を境界とする4つの領域に分割され、互いに対向する上記領域が、それぞれ、前記光源からの入射光を光
20 軸を含む平面に対し対称な角度で回折させることを特徴としている。

これにより、前記のように光源からの入射光の所定の偏光成分(P波またはS波)はそれぞれ光軸を含む平面に対して対称な方向に回折され、ライトバルブ等に照射される光の色ずれを低減することができるとともに、回折光学素子からの透過光と回折光との重なりが
25 大幅に小さく抑えられるのでP波とS波の分離度を高くすることができ、偏光変換効率および光利用効率を大幅に向上させることがで

きる。

図面の簡単な説明

5

図 1 は、実施の形態 A 1 の偏光照明装置の構成を示す断面図である。

図 2 は、実施の形態 A 1 の変形例の回折パターンを示す説明図である。

10 図 3 は、実施の形態 A 2 の偏光照明装置の構成を示す断面図である。

図 4 は、実施の形態 A 3 の偏光照明装置の構成を示す断面図である。

15 図 4 (a) は、回折光学素子を装置の上方から見た断面図である。

図 4 (b) は、回折光学素子を光軸方向から見た正面図である。

図 4 (c) は、回折光学素子に入射する光束のパターンを模式的に示す説明図である。

20 図 5 (a) ～ (d) は、実施の形態 A 4 の偏光照明装置の位相差板に形成される偏光変換部のパターンを示す正面図である。

図 6 は、実施の形態 A 4 の位相差板の製造方法を示す工程図である。

図 7 は、実施の形態 A 4 の位相差板の他の製造方法を示す説明図である。

25 図 8 は、実施の形態 B 1 の回折光学素子の構成を示す断面図である。

図 9 は、実施の形態 B 1 の他の回折光学素子の構成を示す斜視図である。

図 1 0 は、実施の形態 B 1 の回折光学素子の製造方法を示す説明図である。

5 図 1 1 は、実施の形態 B 1 の回折光学素子の露光プロセスの進行と回折光強度の変化とを示すグラフである。

図 1 2 は、実施の形態 B 1 の回折光学素子の作製温度と回折効率との関係を示すグラフである。

10 図 1 3 は、実施の形態 B 1 の回折光学素子の作成後の温度変化と回折効率との関係を示すグラフである。

図 1 4 は、実施の形態 B 1 の回折光学素子の入射角度と回折効率との関係を示すグラフである。

図 1 5 は、実施の形態 B 1 の回折光学素子の入射角度とコントラストとの関係を示すグラフである。

15 図 1 6 は、実施の形態 B 2 の回折光学素子の構成を示す断面図である。

図 1 7 は、実施の形態 B 2 の回折光学素子の製造方法を示す工程図である。

20 図 1 8 は、実施の形態 B 3 の回折光学素子の構成を示す断面図である。

図 1 9 は、実施の形態 B 5 の回折光学素子の製造方法を示す説明図である。

図 2 0 は、実施の形態 B 5 の回折光学素子の他の製造方法を示す説明図である。

25 図 2 1 は、実施の形態 C 1 の画像表示装置の構成を示す説明図である。

図 2 2 は、実施の形態 C 2 の画像表示装置の構成を示す説明図である。

図 2 2 (a) は、2 階部分の平面図である。

図 2 2 (b) は、1 階部分の平面図である。

5 図 2 2 (c) は、側面図である。

図 2 3 は、実施の形態 C 3 の偏光照明装置の構成を示す説明図である。

図 2 4 は、実施の形態 C 4 の偏光照明装置の構成を示す説明図である。

10 図 2 5 は、実施の形態 D 1 の画像表示装置の構成を示す説明図である。

図 2 6 は、実施の形態 D 2 の画像表示装置の構成を示す説明図である。

15 図 2 7 は、実施の形態 D 3 の画像表示装置の構成を示す説明図である。

図 2 8 は、実施の形態 D 4 の画像表示装置の構成を示す説明図である。

図 2 9 は、実施の形態 D 5 の回折光学素子の製造方法を示す説明図である。

20 図 3 0 は、実施の形態 D 6 の回折光学素子の製造方法を示す説明図である。

図 3 1 は、実施の形態 D 7 の画像表示装置の構成を示す説明図である。

25 図 3 2 は、実施の形態 D 1 0 の携帯情報端末装置の構成を示す説明図である。

図 3 3 は、実施の形態 D 1 1 のヘッドアップディスプレイの構成

を示す説明図である。

図 3 4 は、実施の形態 D 1 2 の偏光照明装置の構成を示す断面図である。

図 3 5 は、従来の偏光変換装置の構成を示す断面図である。

5 図 3 6 は、従来の画像表示装置の構成を示す説明図である。

発明を実施するための最良の形態

10 以下、本発明の実施の形態について、図面を参照しながら説明する。

(実施の形態 A 1)

2 枚の回折光学素子を用い、偏光変調により画像を表示するライトバルブに偏光光を照射する偏光照明装置について、図 1 を用いて
15 説明する。

光源 1 1 0 1 からの P 波と S 波とを含む光束は、第 1 レンズアレイ 1 1 0 2 と第 2 レンズアレイ 1 1 0 3 とから構成されるインテグレート 1 1 0 4 に入射するようになっている。上記第 1 レンズアレイ 1 1 0 2 と第 2 レンズアレイ 1 1 0 3 とは、それぞれ互いに対
20 なって対応する複数のレンズを有している。第 1 レンズアレイ 1 1 0 2 の各レンズは、光源 1 1 0 1 から入射した光束を収束させて、発光部 1 1 0 1 a の像を第 2 レンズアレイ 1 1 0 3 の各レンズに結像させる一方、第 2 レンズアレイ 1 1 0 3 の各レンズは、入射した
25 光束を回折光学素子 1 1 0 5 等を介してライトバルブ 1 1 1 0 に有効に伝達するようになっている。

第 2 レンズアレイ 1 1 0 3 から出射した光束のうち、S 波は、そ

れぞれ偏光選択性を有する回折光学素子 1 1 0 5 および回折光学素子 1 1 0 6 を透過する一方、P 波は、回折光学素子 1 1 0 5 によって所定の回折角だけ回折した後、回折光学素子 1 1 0 6 によって回折光学素子 1 1 0 5 とは逆の方向に同じ回折角だけ回折するように

5 なっている。すなわち、回折光学素子 1 1 0 6 から出射する S 波と P 波とは、共に光軸に対する角度が回折光学素子 1 1 0 5 に入射した光束と同じで、位置だけが互いにずれた光路をとるようになっている。なお、回折光学素子 1 1 0 5, 1 1 0 6 は、上記 P 波の回折方向（回折角）が光軸に対して対称になるように回折させてライト

10 バルブ 1 1 1 0 の周辺部における色度および光強度の不均一等を低減し得るようになっているが、この点に関しては後に詳述する。上記光路のずれ量は、P 波の回折角と、回折光学素子 1 1 0 5, 1 1 0 6 間の距離とに応じた大きさとなる。そこで、例えばインテグレータ 1 1 0 4 によって、インテグレータ 1 1 0 4 の各レンズ対から

15 回折光学素子 1 1 0 6 に入射する各光束の幅（光束の断面積）が各レンズのピッチの $1/2$ 程度に絞られるとともに、上記ずれ量が上記各光束の幅と同程度になるように回折角等を設定することにより、回折光学素子 1 1 0 6 における S 波が入射する領域と P 波が入射する領域とを重複しないように確実に分離することができる。

20 回折光学素子 1 1 0 6 における P 波が出射する領域には、位相差板 1 1 0 7（ $1/2$ 波長板）が設けられ、P 波が S 波に変換されるようになっている。すなわち、位相差板 1 1 0 7 が設けられた回折光学素子 1 1 0 6 からは、偏光方向が揃った S 波で、かつ、インテグレータ 1 1 0 4 の各レンズ対を通る各光束全体で、光源 1 1 0 1

25 から出射した光束と概ね同じ幅の光束が出射される。

上記回折光学素子 1 1 0 6 および位相差板 1 1 0 7 から出射され

WO 00/33122

- た光束は、集光レンズ 1 1 0 8 およびフィールドレンズ 1 1 0 9 に
より、インテグレータ 1 1 0 4 の各レンズ対を通る各光束が重畳さ
れ、光量が均一化されて、ライトバルブ 1 1 1 0 に入射する。すな
わち、光源 1 1 0 1 から出射される光束における光軸付近と周辺部
5 とで光量が異なることに起因する光量むらが補償される。
- ここで、インテグレータ 1 1 0 4 と回折光学素子 1 1 0 5 等との
位置合わせについて説明する。回折光学素子 1 1 0 5 は、例えば m
 m オーダーの周期構造が形成されており、入射する光束は素子のど
の位置に入射しても同じように回折される。それゆえ、回折光学素
10 子 1 1 0 5 とインテグレータ 1 1 0 4 との位置合わせはそれほど厳
密性を必要としない、いわゆるアライメントフリーな構成が可能で
ある。このため、位置合わせに関しては、回折光学素子 1 1 0 6 上
にインテグレータのピッチに対応して位相差板 1 1 0 7 を形成する
ことと、回折光学素子 1 1 0 5, 1 1 0 6 間の距離を合わせるだけ
15 の簡便なものとなる。また、上記のように位置合わせを簡便なもの
とし得る点に関しては、光束の均一性を向上させるために、第 1 レ
ンズアレイ 1 1 0 2 および第 2 レンズアレイ 1 1 0 3 を構成する各
レンズのサイズを小さくするとともに数を増やす場合や、ライトバ
ルブ 1 1 1 0 における光利用効率を向上させるために、各レンズの
20 大きさを中央部分（光軸付近）で大きくする一方、周辺部分で小さ
くするなど、領域毎に異ならせるように設定する場合などでも同様
であり、製造コストの大幅な増大を招くことなくこれらの構成をと
ることができる。
- 次に、前記のように P 波の回折方向が光軸に対して対称になるよ
うにすることによる、ライトバルブ 1 1 1 0 の周辺部における色度
25 および光強度の不均一の低減について説明する。

まず、インテグレータ 1 1 0 4 の 1 つのレンズ対を通る光束に着目して説明する。回折光学素子 1 1 0 5 による光束の回折角は、光束の波長によって異なり、波長が長いほど回折角は大きくなる。すなわち、光源 1 1 0 1 からの白色光に含まれる例えば R 光（赤）、G 光（緑）、および B 光（青）における P 波は色分離されて回折光学素子 1 1 0 6 に入射する。回折光学素子 1 1 0 6 に入射した各色の P 波は、それぞれ回折光学素子 1 1 0 5 とは逆の方向に同じ回折角だけ回折するため、各色の光束の光路は互いに平行となるが、回折角度の相違と回折光学素子 1 1 0 5, 1 1 0 6 間の距離に応じた距離だけずれた光路となってライトバルブ 1 1 1 0 に入射する。それゆえ、ライトバルブ 1 1 1 0 の周辺部では、色度および光強度の不均一が生じることになる。

ところが、P 波の回折方向が光軸に対して対称になるようにすることにより、インテグレータ 1 1 0 4 における光軸に対称な位置のレンズ対を通る光束では、各色の P 波が互いに逆の方向にずれるため、ライトバルブ 1 1 1 0 の周辺部における色ずれが相殺され、色度および光強度の不均一が低減される。より具体的には、例えば図 1 における回折光学素子 1 1 0 6 の光軸よりも上方の領域から出射した光束は、B 光、G 光、R 光の順序で上方にずれてライトバルブ 1 1 1 0 に入射するため、例えば同図におけるライトバルブ 1 1 1 0 の上方部分では R 光の強度が相対的に大きくなる。一方、回折光学素子 1 1 0 6 の光軸よりも下方の領域から出射した光束は、B 光、G 光、R 光の順序で下方にずれてライトバルブ 1 1 1 0 に入射するため、例えば同図におけるライトバルブ 1 1 1 0 の上方部分では R 光の強度が相対的に小さくなる。したがって、R 光の強度は平均化されるため、上記のように色度および光強度の不均一を低減すること

とができる。

なお、上記のような色度の不均一等を低減するためには、必ずしも上記のように回折方向を光軸に対して対称になるようにするものに限らず、光軸を含む平面などに対称になるように、すなわち例えば表示画面の左右方向や上下方向で対称になるようにするなどしてもよい。さらに、複数の方向で対称になるようにしてもよい。具体的には例えば図2に示すように、回折光学素子1105, 1106を光軸を通して直交する線分で4つの領域1105a~1105d, 1106a~1106dに分割し、各対角上の領域1105a, 1106aと領域1105c, 1106c、および領域1105b, 1106bと領域1105d, 1106dで、それぞれ互いに逆の方向（矢視方向）に回折させるようにしてもよく、特にこの場合には、同図に示すように回折光学素子1106に入射するS波とP波との重なりをかなり小さくすることができるので、光利用効率を大幅に向上させることもできる。

（実施の形態A2）

1枚の回折光学素子を用いた偏光照明装置について、図3を用いて説明する。なお、以下の各実施の形態において、前記実施の形態A1等、他の実施の形態と同様の構成要素については、同一または対応する符号を付して詳細な説明を省略する。

この偏光照明装置は、実施の形態A1と比べて、回折光学素子1105が第1レンズアレイ1102と第2レンズアレイ1121との間に設けられている点、および第2レンズアレイ1103に代えて第2レンズアレイ1121が設けられている点異なる。上記第2レンズアレイ1121は、透明基板1122に、レンズ1123

と、レンズ 1 1 2 4 と、位相差板 1 1 0 7 とが設けられて構成されている。レンズ 1 1 2 3 は、口径が第 1 レンズアレイ 1 1 0 2 を構成する各レンズの $1/2$ である点を除き、実施の形態 A 1 の第 2 レンズアレイ 1 1 0 3 を構成する各レンズと同様のものである。この
5 レンズ 1 1 2 3 は、回折光学素子 1 1 0 5 を透過した S 波が入射する位置に配置されている。一方、レンズ 1 1 2 4 は、回折光学素子 1 1 0 5 で回折した P 波が入射する位置に配置され、光軸が偏心した部分凸レンズ状（または実質的にプリズムと凸レンズとを合わせた形状）に形成されることにより、回折光学素子 1 1 0 5 で回折して入射した P 波を、実施の形態 A 1 の回折光学素子 1 1 0 6 による
10 P 波の回折角と同じ角度だけ屈折させ、S 波と同じ方向に出射させるようになっている。また、位相差板 1 1 0 7 は、上記レンズ 1 1 2 4 と対応する位置に配置されている。なお、レンズ 1 1 2 4 と位相差板 1 1 0 7 との光軸方向の配置は、図 3 に示すものと逆でもよく、また、透明基板 1 1 2 2 は必ずしも設けなくてもよい。

上記のように構成される場合にも、実施の形態 A 1 と同様にして、偏光方向が揃った S 波をライトバルブ 1 1 1 0 に入射させることができるとともに、P 波の回折方向が光軸に対して対称になるため、ライトバルブ 1 1 1 0 の周辺部における色度および光強度の不均一
20 を低減することができる。

さらに、上記の構成によれば、回折光学素子 1 1 0 5 が 1 枚だけ用いられるために、構成の簡素化を図ることができるとともに、偏光変換ゲインを向上させることができる。すなわち、実施の形態 A 1 では、2 枚の回折光学素子 1 1 0 5, 1 1 0 6 が設けられている
25 ために、P 波および S 波は、それぞれ回折作用または透過作用を 2 回受けることになる。それゆえ、入射光束に対する偏光変換ゲイン

は回折効率を2乗したものとなる。具体的には、例えばP波の回折効率を90%、S波の透過率を95%程度とすると、偏光変換ゲインの理論値は、回折されたP波の回折効率の2乗とS波の透過率の2乗の和、すなわち、 $0.9 \times 0.9 + 0.95 \times 0.95 = 1.7$ 倍程度となる。これに対して、本実施の形態では、P波およびS波は、それぞれ回折作用または透過作用を1回受けるだけなので、理論値で、 $0.9 + 0.95 = 1.85$ 倍程度の偏光変換ゲインを得ることができる。なお、上記偏光変換ゲインの向上は、P波の回折方向を光軸に対して対称にしない場合でも、すなわち、ライトバルブ1110の周辺部における色度および光強度の不均一の低減の有無に係らず得ることができる。

(実施の形態A3)

回折角が中央部（光軸付近）と周辺部とで異なる回折光学素子を用いた偏光照明装置について、図4を用いて説明する。

図4(a)は、回折光学素子1135, 1136を装置の上方から見た断面図である。

図4(b)は、回折光学素子1135, 1136を光軸方向から見た正面図である。

図4(c)は、回折光学素子1136に入射する光束のパターンを模式的に示す説明図である。

本実施の形態の偏光照明装置は、実施の形態A1と比べて、回折光学素子1105, 1106に代えて回折光学素子1135, 1136が設けられている点が異なり、その他の構成は同じである。すなわち、光源1101の発光部1101aは数mm程度の有限な大きさ（アーク長）を有するため、インテグレータ1104による集

光光束は完全な点とはならない。より具体的には、第1レンズアレイ1102によって第2レンズアレイ1103上に結像する発光部1101aの像は、アーク長に対応した、光軸から放射状に伸びた形状となり、回折光学素子1136にも図4(c)に示すように上記発光部1101aの像とほぼ同様の形状の光束が入射する。また、回折光学素子1136に入射する光束は、中央部よりも周辺部の方が光路長が長いために、中央部ほど大きく、周辺部ほど小さいパターンとなる。

ところで、実施の形態A1で示したように回折光学素子1135によって偏光分離（P波を回折させS波を透過させる）を行い、位相差板1107によって偏光方向の変換を行う場合、偏光変換ゲインを大きくするためには、回折光学素子1135から回折光学素子1136に入射する透過光束と回折光束とをできるだけ回折光学素子1136上で重畳させないように分離することが必要である。そのため、回折光学素子1135、1136による回折角を所定の角度よりも小さく設定することは好ましくない。すなわち、例えば周辺部の小さいパターンの光束を偏光分離し得る程度に回折角を小さく設定すると、中央部の大きなパターンの光束に重なる部分が生じてしまい、その重なった部分で偏光変換が確実に行われないため偏光変換ゲインが低下し、ライトバルブ1110における光利用効率が低下してしまう。一方、中央部の大きいパターンの光束に合わせて回折角を大きく設定すると、周辺部では偏光分離された光束どうしの間隔が必要以上に大きくなる。この場合、偏光変換された後の光束全体の幅が元の光源1101から出射する光束の幅よりも大きくなり、有効にライトバルブ1110に導かれる光束が減少するため、やはり光利用効率が低下してしまう。また、上記のように

偏光分離された全ての光束をライトバルブ 1 1 1 0 に導こうとする
と、ライトバルブ 1 1 1 0 に入射する光束の集中角が大きくなるた
め、表示画像のコントラストが低下したり、ライトバルブ 1 1 1 0
の画像を投写するためのレンズとして有効径の大きな高価なものを
5 用いることが必要となったりする。

そこで、本実施の形態では、インテグレータ 1 1 0 4 によって集
光される光束の幅に応じて、回折光学素子 1 1 3 5, 1 1 3 6 にお
ける光軸からの距離に応じた領域毎に回折角を最適化し、光利用効
率の向上等を図り得るようになっている。具体的には、回折光学素
10 子 1 1 3 5, 1 1 3 6 を P 波の回折角が $\theta 1$ の領域 1 1 3 5 a, 1
1 3 5 b, 1 1 3 6 a, 1 1 3 6 b と、P 波の回折角が $\theta 2$ の領域
1 1 3 5 c, 1 1 3 5 d, 1 1 3 6 c, 1 1 3 6 d とに分けている。
なお、領域 1 1 3 5 a と領域 1 1 3 5 b となどは、実施の形態 A 1
で示したように、周辺部での色度の不均一等を低減するために、回
15 折角は等しいが回折方向が逆となる領域である。上記回折角 $\theta 1$ は、
回折光学素子 1 1 3 6 に入射する S 波のパターンと P 波のパターン
とが重ならないように正確に分離するためには、少なくとも、上記
S 波のパターンに対する P 波のパターンの位置がインテグレータ 1
1 0 4 によって中央部付近で集光される光束の幅 a だけずれるよう
20 に設定することが好ましい。したがって、2 つの回折光学素子 1 1
3 5, 1 1 3 6 の間隔を d とすると、 $\theta 1 \geq \tan^{-1} a / d$ とな
るように設定することが好ましい。また、回折角 $\theta 2$ は、周辺部で
集光される光束の幅を b とすると、 $\tan^{-1} b / d$ 以上で、かつ、
できるだけこの値に近いことが好ましい。

25 ここで、インテグレータ 1 1 0 4 によって集光された光束のパタ
ーン同士の間隔が密である場合には、中央部付近で回折された P 波

WO 00/33122

が、それよりも光軸から遠い部分で透過したS波と重なりを生じることがもあり得る。このような場合には、光利用効率の損失を招くことになるが、回折光学素子1135に入射する光束の光量は光軸に近いほど大きいので、光軸に近い部分での光束の重なりが生じない
5 ように回折角 θ_1 を設定するほうが光利用効率を高くすることができる。

また、厳密には、上記回折角 θ_1 、 θ_2 は波長によって異なるが、例えば可視光の中心波長である550nmに対して上記のような回折角 θ_1 、 θ_2 になるように設定することで、平均的に高い光利用
10 効率を得ることができる。

以下、回折光学素子1105、1106を有しない（偏光変換を行わない）偏光照明装置に対する、実施の形態A1および本実施の形態の偏光照明装置の偏光変換ゲインの測定結果について説明する。
ここで、本実施の形態の偏光照明装置では、中央部での回折角 $\theta_1 = 35^\circ$ 、周辺部での回折角 $\theta_2 = 30^\circ$ 、回折光学素子1135、
15 1136の間隔 $d = 7\text{ mm}$ に設定したものをを用いた。また、インテグレート1104によって回折光学素子1135上に集光された光束の幅は約5mmであった。偏光変換ゲインの測定は、具体的には、次のようにして行った。すなわち、ライトバルブ1110の位置に
20 S波を透過させるような配置で偏光子を設置するとともに、その直後に照度計を設置して、偏光子を透過する光の光量を測定し、偏光変換を行わない偏光照明装置の光量に対する比を求めて偏光変換ゲインとした。上記測定によれば、偏光変換ゲインは、実施の形態A1では1.3～1.4程度であったのに対して、本実施の形態では
25 1.4～1.6程度であり、実施の形態A1よりもさらに高い偏光変換ゲインを得られることが確認された。

なお、上記の例では、回折角を $\theta 1$ 、 $\theta 2$ の2種類に設定した例を示したが、回折光学素子1135、1136をさらに多くの領域に分割し、中央部から周辺部にかけて、徐々に回折角が小さくなるようにして、より偏光変換ゲインを向上させ得るようにしてもよい。

- 5 また、回折光学素子1135、1136による回折方向が左右方向で（光軸を含み図4の紙面に垂直な平面に対して）対称になるように設定した例を示したが、実施の形態A1と同様に光軸に対して対称になるようにしたり、複数組の領域でそれぞれ対称になるようにするなどしてもよい。さらに、回折方向を必ずしも上記のように
- 10 設定しない場合でも、上記偏光変換ゲインを向上させる効果は得ることができる。

（実施の形態A4）

- 位相差板と、位相差板を用いた偏光照明装置、および位相差板の
- 15 製造方法について説明する。この位相差板は、特に、回折光学素子によって偏光分離されたP波やS波の光束のパターンが複雑な形状である場合でも、高い偏光変換効率の偏光照明装置を容易に構成することができるものである。

- 位相差板は、偏光分離されたS波およびP波の光束のうちのいずれか一方の偏光方向を 90° 変更する偏光変換を行って、偏光方向の揃ったS波またはP波の光束を得るために用いられる。ここで、前記各実施の形態で示したように回折光学素子によって偏光分離する場合には、回折光学素子からの透過光および回折光が入射する所定の平面上に位相差板が部分的に存在する領域を設けることになる
- 20 25 が、例えば透過光または回折光が入射する領域のパターンと、位相差板が存在する領域のパターンとが一致していない場合には、偏光

WO 00/33122

方向を変換すべき光束が位相差板に入射しなかったり、変換すべきでない光束が位相差板に入射したりして単一の偏波面に揃わずに偏光変換効率が低下することがある。

そこで、本実施の形態の位相差板 1 1 4 1 は、図 5 (a) に示すように、ガラス基板 1 1 4 2 における、回折光学素子からの透過光または回折光が入射する領域だけに、偏光変換部 1 1 4 3 が形成されて成っている。上記偏光変換部 1 1 4 3 は、リタレーション Δn を有し、矢印 A で示す方向に配向した液晶分子によって構成されている。また、偏光変換部 1 1 4 3 の厚さ d は、偏光変換する光束の波長を λ とすると、 d と $\Delta n \cdot d / \lambda$ との差が $\lambda / 2$ になるように設定されている。そこで、偏光変換部 1 1 4 3 に同図に P または S で示す方向（矢印 A と 45° の角度をなす方向）の偏波面を有する光束が入射すると、それぞれ、互いに他方の方向の偏波面を有する光束に変換される。

上記のような位相差板 1 1 4 1 を例えば前記各実施の形態の偏光照明装置における位相差板 1 1 0 7 として用いることにより、高い偏光変換効率を得ることができる。具体的には、例えば実施の形態 A 1（図 1）の偏光照明装置に適用し、実施の形態 A 3 で説明した方法によって偏光変換ゲインを評価したところ、偏光変換ゲインとして 1.4 ～ 1.7 倍程度と高い値を得ることができた。

なお、上記位相差板 1 1 4 1 を種々の偏光照明装置に適用する場合、偏光変換部 1 1 4 3 が形成される領域のパターンは、インテグレートによって集光され、回折光学素子を介して入射する透過光束または回折光束のパターンに応じて設定すればよい。具体的には、例えば実施の形態 A 3 の偏光照明装置において、S 波（回折光学素

子 1 1 3 5 からの透過光束) を P 波に変換する場合には、例えば前
記図 5 (a) に示すようなパターンの偏光変換部 1 1 4 3 を形成す
ればよい一方、P 波(回折光学素子 1 1 3 5 からの回折光束) を S
波に変換する場合には、図 5 (a) のパターンを反転させたパター
5 ンや、図 5 (b) に示すパターンの偏光変換部 1 1 4 3 を形成すれ
ばよい。また、必ずしも光束のパターンにほぼ一致させるものに限
らず、光束のパターンを含むパターン、すなわち図 5 (c) または
図 5 (d) に示すようなパターンの偏光変換部 1 1 4 3 を形成する
などしてもよい。

10 次に、上記のような位相差板 1 1 4 1 を例えば UV 硬化型の液晶
を用いて製造する方法を図 6 に基づいて説明する。

(1) まず、図 6 (a) に示すように、2 枚のガラス基板 1 1 4
2 をそれぞれ洗浄してダストを除去した後、例えばポリイミドなど
の配向膜材料をスピンコート法等により塗布し、加熱処理などを
15 行なって配向膜 1 1 5 1 を形成する。

(2) 次に、上記配向膜 1 1 5 1 に対して、ローラ等により所定
の方向のラビング処理を施す。このラビング処理においては、例え
ば 1 対のガラス基板に対してアンチパラレルラビング(ラビング方
向は等しく、ラビングの向きが互いに逆方向)を行う。

20 (3) 図 6 (b) に示すように、上記ガラス基板 1 1 4 2 上にセ
ルギャップを保つためのビーズ(不図示)を分散させ、周辺部にシ
ール剤 1 1 5 2 を塗布した後、張り合わせを行ってセル 1 1 5 5 を
形成する。

(4) 図 6 (c) に示すように、上記セル 1 1 5 5 に UV 硬化型
25 の液晶 1 1 5 3 を大気中または真空中において注入し、液晶セル 1
1 5 6 を形成する。

(5) 図6(d)に示すように、上記液晶セル1156に例えば前記図5に示すようなパターンで開口部1154aが形成されたフォトマスク1154を密着させ、概ね均一な光強度を有し波長が300nm～400nm程度の紫外領域のレーザ光または水銀ランプ光を照射する。これにより、フォトマスク1154の開口部1154aに対応する部分の液晶1153だけが硬化する。

なお、上記のようにフォトマスク1154を密着させるのに代えて、レンズ系を介して、ガラス基板1142上に所定のパターンの像を結像させるなどしてもよい。

10 (6) 図6(e)に示すように、一方のガラス基板1142を剥がし、アルコールまたはアセトン等による洗浄を行って、露光されずに未硬化なままの液晶1153を除去する。これにより、ガラス基板1142上に所定のパターンの偏光変換部1143が形成された位相差板1141が得られる。ここで、ガラス基板の一方だけを
15 容易に剥がし得るようにするためには、例えば1対のガラス基板1142に塗布する配向膜材料としてそれぞれ互いに異なる種類のものを用いるなどすればよい。

なお、位相差板1141を製造する方法は上記の方法に限らず、例えば液晶セル1156の全面に均一なUV光を照射して液晶1153全体を硬化させた後、一方のガラス基板1142を剥がし、上記硬化した液晶1153に所定のネガパターンのマスクを密着させてフッ素系のガス等によるドライエッチングを行うことにより、偏光変換部1143を形成する以外の部分を除去するなどしてもよい。

また、位相差板を構成する基板として単独の基板ではなく回折光学素子を構成するガラス基板等を兼用するようにしてもよい。すな
25 わち、図7に示すように、上記のようにしてガラス基板1142上

に偏光変換部 1 1 4 3 を形成したり、またはガラス基板 1 1 4 2 に
均一な位相差フィルムを貼り付けるか成膜するかした後にマスクを
用いたエッチングによりパターンニングするなどして偏光変換部 1 1
4 3 を形成したりした後、例えば後述する実施の形態 B 1 に示すよ
5 うに、上記ガラス基板 1 1 4 2 と対向するガラス基板 1 1 4 4 との
間に光学媒体 1 1 4 5 を配置してガラス基板 1 1 4 4 側から干渉光
の露光をすることにより回折光学素子を形成するようにしてもよい。

上記のようにして作製した回折光学素子を用いて後述する実施の
形態 A 3 (図 4) や実施の形態 C 3 (図 2 3) に示す偏光変換素子
10 を有する偏光照明装置を作製して光の利用効率を測定したところ、
偏光変換素子を用いない場合に比べ、偏波面が揃った光波の利用効
率は 1.2 ~ 1.6 程度に向上し、偏光照明装置として有効である
ことが確認された。

上記のような方法により、微細な周期構造などの位相差板を精度
15 良く作製することが可能である。また、インテグレータ 1 1 0 4 が
微細になった場合にも回折光学素子の製造方法および偏光変換素子
の構成を大きく変えることなく使用することが可能であり、将来の
技術向上に追随可能な有望な方法と期待される。

20 (実施の形態 B 1)

前記各実施の形態における回折光学素子 1 1 0 5 等としては、
種々の公知の回折光学素子を用いることもできるが、以下のような
回折光学素子を用いることによって、光利用効率をより高くするこ
とが容易にできる。

25 まず、回折光学素子の表面に平行な方向に屈折率分布の周期構造
が形成された回折光学素子について説明する。

この回折光学素子 1 2 0 1 は、図 8 に示すように、例えば $10\ \mu\text{m}$ の間隔で対向した 1 対の透明絶縁性基板であるガラス基板 1 2 0 2 の間に、ほぼ $1\ \mu\text{m}$ のピッチで、高分子柱 1 2 0 3（高分子壁）と、上記高分子柱 1 2 0 3 の壁面に対して垂直な方向に配向した液晶分子から成る液晶 1 2 0 4 とが設けられて構成されている。上記
5 高分子柱 1 2 0 3 としては、例えばモノマーやオリゴマーの混合物を硬化させたものなどが用いられる。また、液晶 1 2 0 4 としては、例えばネマティック液晶が用いられる。

上記のような高分子の屈折率は一般に 1.5 程度であり、通常よく用いられるネマティック液晶の常光屈折率 N_o と概ね等しい。このため、常光線の入射光束（図 8 の S 波に相当）に対しては、液晶 1 2 0 4 の屈折率は N_o であり高分子柱 1 2 0 3 の屈折率も N_o 程度となるため、回折光学素子 1 2 0 1 は等方媒体として作用し、入射した常光線はそのまま透過する。
10

一方、異常光線の入射光束（図 8 の P 波に相当）に対しては、液晶分子が高分子柱 1 2 0 3 の壁面に対して垂直の方向に配向しているので液晶 1 2 0 4 の屈折率は N_e となる。ところが高分子柱 1 2 0 3 は屈折率異方性を有しないので N_o のままである。したがって、液晶 1 2 0 4 と高分子柱 1 2 0 3 とで屈折率が異なる領域の周期構造が生じることになる。そこで、入射した異常光線は上記周期構造（屈折率分布）に応じた特定の方向に回折される。
15
20

上記液晶 1 2 0 4 は、後述するメカニズムによって上記のように配向し、高い回折効率と偏光選択性とを有している。それゆえ、前記各実施の形態における回折光学素子 1 1 0 5 等として上記回折光学素子 1 2 0 1 を用いることにより、偏光変換効率および光利用効率を大幅に向上させることができる。
25

次に、回折光学素子の表面に垂直な方向（厚さ方向）に屈折率分布の周期構造が形成された回折光学素子について説明する。

この回折光学素子 1 3 0 1 は、図 9 に示すように、例えば 1 0 μ m の間隔で対向した 1 対の透明絶縁性基板であるガラス基板 1 3 0 2 の間に、ほぼ 1 μ m のピッチで、高分子層 1 3 0 3 と、上記高分子層 1 3 0 3 に対して垂直な方向に配向した液晶分子から成る液晶層 1 3 0 4 とが設けられて構成されている。上記高分子層 1 3 0 3 および液晶層 1 3 0 4 としては、上記回折光学素子 1 2 0 1 と同様のものが用いられる。

このように厚さ方向に周期構造を有するように構成することで、ブラッグの回折条件が適用されることになる。すなわち、ある波長を有する光が周期構造を形成する各層に入射した場合、各層で散乱された光はその波長と入射角度及び層間のピッチに対応する特定方向に散乱成分が強め合う現象を生じる。これが、ブラッグの回折条件と呼ばれるものであり、このような条件は従来の 2 次元的な回折光学素子に対し、3 次元的な構成となり、ブレース化（1 つの方向に光を収束する）の作用を有することになる。したがって、従来の回折光学素子に対し、回折効率を飛躍的に向上させることができ、理論的には 1 0 0 % の効率が可能である。（なお、このような理論的な回折効率の計算結果は H. K o g e l n i k, (B e l l S y s t. T e c h. J., 4 8, 1 9 6 9, P. 2 9 0 9 - 2 9 4 7) の解析に開示されている。）

また、この回折光学素子 1 3 0 1 も、上記回折光学素子 1 2 0 1 と同様に高い回折効率と偏光選択性とを有している。それゆえ、やはり、これを用いることにより、偏光変換効率および光利用効率を

大幅に向上させることができる。

次に、上記のような回折光学素子の作製方法を図10に基づいて説明する。

- 5 まず、ガラス基板1202を洗浄してダストを除去した後、このガラス基板1202上に液晶と高分子前駆体とを混合した光学媒体をスパチュラ等で滴下し、この上にもう1枚のガラス基板1202を上方から張り合わせて、2枚のガラス基板1202の間に光学媒体が封入された液晶セル（サンプル）を作製する。
- 10 上記光学媒体としては、ネマティック液晶、高分子前駆体としてはモノマーやオリゴマーの混合物が用いられる。より具体的には、Phenylglycidil ether acrylate hexamethylene diisocyanate urethane prepolymer, 2-Hydroxyethyl Methacrylate, Dimethylol tricyclodecane diacrylate 等が利用できる。今回使用した液晶（メ
- 15 ルク社製 TL216）は正の誘電異方性を有するものであるが、負の誘電異方性を有するものを使用することも可能である。さらに、屈折率異方性を有する光学媒体としては、ニオブ酸リチウム、 KD_2PO_4 、 $\beta-BaB_2O_4$ 、PLZT等の電気光学効果等を有する一軸性の結晶を用いることも可能であり、また、 $KTiPO_4$ 等の二軸性の光学結晶等も含め屈折率異方性を有する媒体を用いるこ
- 20 とも可能である。また、光重合開始剤として N-Phenylglycine、また515nm付近波長のレーザー光を吸収させるための色素として Dibromofluoresceine 等を添加してもよい。また、セルのギャップの均一性を保つため数 $\mu m \sim 10 \mu m$ 径程度のビーズを添加しても
- 25 よい。

上記のようにして形成された液晶セルをレーザー光を用いた干渉縞

によって露光する。上記レーザ光としては、例えば、Arレーザからの515nm前後の波長の出射光が利用できる。これをビームエキスパンダ等によって直径が30mm～50mmや30mm～100mm程度のビームに広げた後、ビームスプリッタ等によって2光束に分割し、ミラー等を組み合わせて所定の光路をとるようにすることにより、液晶セルに照射する例えばピッチが1μm程度の干渉縞を形成する。上記Arレーザによる照射光強度は、例えば50mW～100mW程度になるようにする。

ここで液晶セルの位置に形成される干渉縞のピッチpと、ミラーを介して入射するレーザの2光束の交角θと、レーザ光の波長λとの関係は、以下の式で表すことができる。

$$\text{ピッチ} : p = \lambda / 2 \sin \theta \quad \dots (式1)$$

すなわち、液晶セル上に形成される干渉縞のピッチは2光束の交角が大きいほど、またレーザ光の波長が短いほど小さくなる。

また、作成された回折光学素子に入射する光束の回折方向（回折角）の設定は、露光時の液晶セルのセッティング角度によって行うことができる。例えば、2光束がそれぞれ入射する角度を、液晶セルのガラス基板1202の法線に対して対称に15°ずつ、つまり交角（露光角）を30°とした場合、干渉縞のピッチは（式1）より1μmになるとともに、格子（高分子柱1203）の向きはガラス基板面に対して垂直に形成される。これに対し、液晶セルを例えば15°傾けてセッティングした場合、格子ピッチは同じ1μmであるが、格子はガラス基板1202の法線から15°傾いた方向に向けて形成される。このとき、回折光学素子1105のガラス面に垂直に入射したP波は進行方向に対し30°左（上記液晶セルを傾けた向きと逆の向きに30°の方向）に回折する。上記のように、

レーザ露光時に液晶セルのセッティング角度を調整することによって回折方向を設定することができる。また、実施の形態 A 1 で説明したように、光束の入射位置に応じて、光軸を含む面に対して対称な方向に回折させる回折光学素子を作製する場合には、液晶セルのセッティング角度を対称に変化させて 2 回露光を行えばよい。具体的には、まず液晶セルの中心に対し左右どちらか半分の領域をマスクで覆ってレーザ光が照射されないようにするとともに、セッティング角度を 15° として露光する。この後、マスクの位置を左右反対にするとともに、セッティング角度を -15° に変えた後、1 回目の露光で露光されなかった領域をを露光する。このような方法により、光軸に対して左右側の領域で回折方向が対称となる回折光学素子などを作製することができる。このようにして作製される回折光学素子は、単一の素子で、光束の入射位置に応じて回折方向を異らせるようにすることができるので、構成が簡単であり、均一性も高いものが容易に得られる。さらに、液晶セルを傾ける方向を変化させたり、セッティング角度を大小の角度に変化させたりすることにより、実施の形態 A 1, A 3 で説明したような種々の回折光学素子を作製することもできる。

レーザ光の干渉縞による液晶セルの露光は、ヘルチエ素子から成る温度制御装置等によって液晶セルを所定の温度に保った状態で例えば 5 分間程度行う。上記所定の温度は、例えば $50^\circ\text{C} \sim 70^\circ\text{C}$ 程度の温度範囲であるが、この点に関しては後に詳述する。露光時間は、レーザ光の光路中に設けられたシャッタによって調整される。この露光によって、回折光学素子 1201 は、大きく分けて 2 段階の過程を経て形成される。

すなわち、露光が開始されると（第 1 段階）、まず、レーザの 2 光

束の干渉による干渉縞の光強度が高い明部の部分で、高分子前駆体の硬化が始まる。この過程で、図 10 (a) に示すように、周期的な配置の高分子柱 1 2 0 3 が形成される。また、同時に、液晶はレーザー露光により硬化反応が生じないため上記硬化する高分子の領域から押し出され、光強度が弱い暗部の領域に集まるようになる。つまり、高分子と液晶との相分離の現象が起こり、高分子と液晶の周期的な密度分布が生じる。この場合、液晶の密度が高い部分では高分子柱 1 2 0 3 の部分に比べて屈折率の平均値が高くなるので周期的な屈折率分布が生じる。この状態のセルは、上記屈折率分布によって、回折作用を有するものとなる。しかし、液晶は配向していないため屈折率異方性を有する部分は存在せず、入射光束を偏光方向に応じて透過または回折させる偏光選択性は有していないと考えられる。

さらに露光が続くと（第 2 段階）、図 10 (b) に示すように、暗部に集まった液晶分子が、硬化した高分子柱 1 2 0 3 の壁面に対して垂直な方向に巨視的に一様に配向するようになる。これは、素子内において、高分子の柱が微少領域で周期的に形成され、また液晶は未硬化のまま存在するため、素子全体において高分子層と液晶層との間で応力分布がある程度急峻な時間内に生じる。このような物理的な要因により、液晶の配向状態が規定されるためではないかと考えられる。これにより、セル内に高分子柱 1 2 0 3 と屈折率異方性を有する液晶 1 2 0 4 とが交互に周期的に並んだ周期構造が形成され、前記のように入射光束偏波成分に応じて回折作用が異なる（入射する P 波に対して強い回折特性を有する）偏光選択性を有するようになる。

なお、上記のような露光過程における 2 つの段階は、露光時のレ

ーザ光強度を変化させたり、添加する光重合開始剤や色素の量を変化させたりした場合でも、同様に生じた。

上記のようにして形成されたセルに、水銀ランプの概ね均一な光を5分程度照射し、セル全体にわたって未硬化部分の高分子前駆体が安定に硬化するようにして、回折光学素子1201が完成する。

上記のようにして作製された回折光学素子は、前記のように高い回折効率と偏光選択性とを有しているが、これには、露光時の温度が大きく影響していると考えられる。そこで、以下、露光温度と回折効率との関係について説明する。

まず、露光時に室温である場合と加熱した場合とにおける、露光プロセスの進行と偏光光に対する回折光強度の変化について説明する。回折光学素子の内部格子構造の作成過程を推測するために、P波とS波の入射光（He-Neレーザ）に対する回折光強度の時間変化を、レーザ露光中の保持温度を異ならせて調べた。（ここで、上記入射光としては、格子形成に対し影響を与えないように、光強度が弱く、液晶サンプルの吸収帯から外れた633nmの波長のHe-Neレーザ光をモニタとして用いた。）図11に室温と65℃に加熱した場合に得られた結果を示す。1つは恒温プレート及びベルチェ素子の加熱を行わず室温に試料及びガラス基板を保持してレーザ露光を行った。他方は試料及びガラス基板を65℃に加熱保持してサンプルを組み立て、ベルチェ素子で同温度に制御した支持台に取り付けてレーザ露光を行った。試料はどちらも同じもの（液晶TL216使用）を用いた。

この結果、作製温度が室温の場合、レーザ露光後のサンプルにおいてS偏光入射時の回折光強度がP偏光入射時のそれに比較して大

大きく現れた。作製時のモニター光の時間的な変化としては、レーザー露光開始後内部での格子形成反応が生じず回折光強度がほとんど変化しない図中の a 領域、時間と共に回折光強度が増加する b 領域、回折光強度が飽和してほとんど変化がなくなった c 領域の 3 つの過程に大きく別れた。この変化は P 偏光入射、S 偏光入射に関わらず同様であった。この変化過程については、R. L. Sutherland, L. V. Natarajan, and V. P. Tondiglia, Chem. Mater. Vol. 5, 1993, pp1533-1538 において開示されているような液晶と高分子との相分離現象からなる干渉縞の形成過程と同様であり、入射する光波の偏光特性に対して大きな依存性は有さない。

一方、作製温度を 65 °C とした場合についてモニター光強度の時間変化は以下のようなになった。レーザー露光開始後、反応が開始せず回折光強度がほとんど変化しない a 領域、時間と共に回折光強度が増加する b 領域、回折光強度の増加割合が急激に大きくなる b' 領域、回折光強度が飽和しほとんど変化がなくなった c 領域の 4 つの過程に別れている。この 65 °C に加熱した場合には、入射する光波の偏光特性に対して回折光強度の時間的な変化が大きく異なっている。すなわち、P 波、S 波とも a 領域、b 領域では同様の変化を示すが、b' 領域においては大きく異なる。つまり P 波の入射に対しては回折光強度が急激に増加するのに対し、S 波の入射に対しては、逆に回折光強度が減少する。この領域では、入射光の偏光方向によって回折効率の変化が大きく異なり、内部において複屈折性が増加する反応が進んでいると考えられる。

図 10 のレーザー露光時の格子の形成過程のモデルで示したように硬化した高分子の柱に対して液晶分子が配向するような変化が格子形成過程で生じ、この結果として入射光に対する偏光依存性が顕著

になるのではないかとと思われる。作製温度条件が図 1 1 における b' の領域で示される偏光依存性を発現させる重要な要因であることが判明した。

図 1 1 をみると作製温度に対して P 1 次、S 1 次の効率は大きく変化しており、室温 (23℃) 付近では S 波の回折効率が低い。一方、65℃では P 波の回折効率が高くなり P 1 次と S 1 次の大きさが逆転する。室温において S 波の回折特性が大きいということは、液晶分子が高分子の柱に対して平行となるようなモデルとして考えられる。この様子を図 1 0 (c) に示す。また、温度を増加していくと図 1 0 (b) に示すように液晶分子が高分子の柱に対して垂直に立って並ぶようなモデルが予想される。このように作製温度に対して液晶の配向方向が変化するのには温度に対して液晶の粘性が変化し、先に述べた高分子の硬化による周期構造形成時に体積収縮等に基づく応力分布が周期的に生じ、この物理的な作用により液晶分子の配列変化が起こるのではないかと考えられる。

次に、液晶の N-I 点、加熱温度、および回折効率の関係について説明する。

液晶サンプルのレーザ露光中における基板保持温度をいくつか変化させてサンプルの作製を試みた。液晶材料としては、N-I 点が 80℃のものと、113℃のものとを用いた。図 1 2 は、作製した回折光学素子における、レーザ露光中の基板保持温度と回折効率の評価結果である。ここで、波長 544 nm の緑色のレーザ光を用い偏光子により入射光の偏波方向を変化させて回折効率を調べた。図 1 2 において P 1 次は P 波を入射したとき、素子をそのまま通過せず特定方向に回折された光強度割合を示す。また、S 1 次は S 波

を入射したときの同様の割合である。P 1 次と S 1 次の効率の比が大きいほど（一方が 100% に近く、他方が 0 に近い）、入射光に対する偏光分離度が高くなり、本発明に用いる回折光学素子として優れた特性となる。

- 5 図 1 2 によれば、作製温度に応じて P 1 次、S 1 次の効率は大きく変化しており、室温付近（25℃）～40℃程度までの低い温度では S 波の回折効率が高い。一方これより温度が上昇すると P 波の回折効率が高くなり（a）、（b）ともある特定温度付近でピークを有している。効率としては P 1 次のピーク効率が S 1 次比べ高く
10 80% 程度の値となっている。

- S 波の回折特性が大きいということは、液晶分子が図 8 とは異なり高分子の柱に対して平行に倒れる方向になっていると考えられる。このように作製温度に対して液晶の配向方向が変化するのは温度に対して液晶の粘性が変化し、先に述べた高分子の硬化による周期構造形成過程時の応力分布に対する液晶分子の移動割合が異なっ
15 くるためではないかと思われる。

- つまり、温度が高くなるにつれ液晶の粘性が下がり移動しやすくなるこのため、図 8 に示すように液晶が高分子の柱に対して概ね垂直方向に立つような向きにまで大きく変化するようになるのではないかと予想される。また、温度に対して効率がピークを持つのは応力と液晶の粘性による物理的な力がバランスするような状態の存在
20 によるものまたは、温度が高いと液晶分子が動きやすくなりすぎるため一様な方向に安定させることが困難になるため効率が減少する等の理由が考えられる。

- 25 さらに、この図から、P 1 次のピークを有する温度は、液晶の N - I 点が 80℃ の場合には 65℃ 程度（図 1 2（a））、液晶の N -

I 点が 113°C の場合には 85°C 程度 (図 12 (b)) であることがわかる。これより液晶の N-I 点に対応して回折光学素子の効率がピークとなる作製温度も上昇しており、液晶の N-I 点に対応して作製温度を制御することが重要であることがわかった。

- 5 また、回折光学素子の作成後における温度変化と回折効率との関係を図 13 に示す。同図に示すように、回折効率の変化は温度変化に対して可逆的であり、ヒステリシスもなく、かつ、 $20 \sim 70^{\circ}\text{C}$ 程度の温度範囲で高い回折効率および偏光選択性が維持される。

- 10 次に、回折効率および光束の入射角とコントラストとの関係について説明する。

上記のようにして作製した回折光学素子に対し、G 光 (He-Ne レーザの 544nm 波長) を入射させて回折、透過特性を調べた。P 偏光光を入射した場合は、回折効率が最高で約 90% を示し、透
15 過成分は 1% 以下と非常に高い回折特性を示した。また、S 偏光光を入射した場合は、回折効率は 0.1% 以下、透過率は 95% 程度であり (その他の光は基板の表面反射による損失等)、非常に高い透過特性を示した。このように、ここで作製した回折光学素子は高い偏光分離特性及び回折効率を有していることが確認された。

- 20 また、R、G、B の各波長に対する回折効率 (P 1 次、S 1 次) の入射角度依存性を測定した結果を図 14 (a) に示す。G 光のピークはレーザ露光時の露光角に対応する 15° 付近で得られている。また B 光では 13° 、R 光では 17° と、G 光の前後にピークを有している。また、例えば G 光では、入射角 $15^{\circ} \pm 2.5^{\circ}$ の範囲
25 内において P 1 次効率は 80% 以上となっていた。

これに対し、S 1 次効率は R、G、B 光それぞれに対し全ての入

射角でほとんど回折作用を有さず透過されることがわかる。

また、入射角 15° 付近での P 1 次と S 1 次との強度比は 50 : 1 程度であった。

次に光源として白色平行光を用いて上記と同一サンプルの効率評価を行った結果を図 14 (b) に示す。測定は白色光源として冷陰極ランプからの光をビームエキスパンダにより $\phi = 10 \text{ mm}$ 程度の平行光とし、これをホログラムサンプルの露光領域に入射し、レーザを用いた場合と同様に効率を評価することにより行った。検出器としては照度計を用いた。また、入射 S 偏光光は色分離することなく透過するが、P 偏光光についてはサンプルから出射光が離れると回折作用に伴い R、G、B に対応する色分離が生じる。このため、R、G、B の光がほぼ重なる領域で強度検出を行った。

図 14 (b) のグラフにおいて入射角度 15° 付近に緩やかなピークを持っており、P 1 次効率として入射角 $15^\circ \pm 2.5^\circ$ の範囲で 80 % 程度を有している。一方、S 1 次についてはほとんど回折されていないのがわかる。このように白色平行光に対しても 80 % 以上の高い P 1 次効率と偏光分離特性を有することが確認された。

また、P 1 次 / S 1 次の比、すなわちコントラストに関しては、図 15 に示すように、入射角度の変化に対して変わらず概ね一定値を保っていることがわかる。

なお、上記の例では説明の便宜上、基板面に平行な方向に周期構造が形成される例を説明したが、レーザ光の強度分布を液晶セルの厚さ方向に分布させることによって、前記図 9 に示したような層構造の回折光学素子 1301 も同様に作製することができ、同様の特

性を得ることができる。

(実施の形態 B 2)

回折光学素子の表面に垂直な方向（厚さ方向）に屈折率分布の周
5 期構造が形成された回折光学素子およびその製造方法の他の例につ
いて説明する。

図 1 6 に回折光学素子 2 5 0 1 の内部構成の断面図を示す。回折
光学素子 2 5 0 1 は屈折率異方性を有する光学媒体を用いて構成さ
れている。

10 この素子内部は光の入射する表面から、厚さ方向に対し周期的な
層構造を有している。そして、隣合う層間では屈折率異方性を有す
る光学媒体の光軸の傾きが、1 つは回折光学素子 2 5 0 1 の表面に
平行となるように配列しており、もう 1 つは表面に対して垂直方向
に配列している。

15 今、屈折率異方性を有する光学媒体に光が入射する場合を考える。
光学媒体の光軸と偏光方向が平行な光が入射した場合は異常光線と
なるため、屈折率としては N_e の値を示す。また、光学媒体の光軸
と偏光方向が垂直となる場合は常光線となり、 N_o の屈折率を示す
ことになる。ここで、 $N_e > N_o$ である。

20 次に、図 1 6 に示す回折光学素子 2 5 0 1 において、紙面に対し
て垂直方向に偏光方向を有する光を常光線（S 波）とし、紙面と平
行方向に偏光方向を有する光を異常光線（P 波）として、これらの
光が回折光学素子 2 5 0 1 に入射したときの振る舞いについて考え
る。

25 まず、常光線が入射した場合、各層を構成する光学媒体の光軸に
対し偏光方向はどの場合も垂直となる。このため、各層間での光軸

WO 00/33122

の向きに関係なく、各層での屈折率は N_o となる。つまり、屈折率が N_o の一様な媒体が存在するのと等しいため、これに入射する常光線は回折の作用を受けず、図 16 に図示したようにそのまま透過することになる。

- 5 次に異常光線が入射する場合について考える。屈折率異方性を有する光学媒体の光軸が入射面と平行に配列している層においては、入射光の偏光方向が光軸と平行となる。このため、 N_e の屈折率を有する層を通過する場合に相当する。また、回折光学素子 2501 の入射面に対し光学媒体の光軸が垂直方向である層に対しては、偏
- 10 光方向が光軸と垂直の場合に相当するので、この層は N_o の屈折率を有するものとして作用する。それゆえ、異常光線に対しては回折光学素子 2501 は、その入射光の進行方向である厚さ方向において屈折率が周期的に異なる複数の層を通過することになる。この結果、入射光線はこの層の周期ピッチに対応する特定の方向に光が集
- 15 光される、いわゆるブラッグの回折作用を受けることになる。図 16 に示したように異常光線は回折光学素子 2501 の素子の内部に形成された層構造によって反射され紙面右上方に光路を変化することになる。

- したがって、このように構成された回折光学素子 2501 も、前
- 20 記実施の形態 B1 で示した回折光学素子と同様に、高い回折効率と偏光選択性とを得ることができる。

- 上記のような回折光学素子 2501 は、例えば UV 硬化型の液晶を用いてスピンコート塗布により周期構造を積層して作製すること
- 25 ができる。

まず、図 17 (a) に示すように、洗浄してダストを除去したガ

ラス基板 2502 に、高分子からなる配向膜、例えばポリイミドを
スピンコート法等により塗布し、加熱処理を行うことなどで水平配
向膜 2503 を形成した。この後、ローラ等により所定の方向にラ
ビング処理を施した。

- 5 次に、図 17 (b) に示すように、上記ガラス基板 2502 をス
ピナー 2510 上にセッティングし、光重合性液晶モノマーまたは
光架橋可能液晶ポリマー等が含まれた UV 硬化型液晶をスピンコー
ト塗布した。膜厚としては 1000 ~ 10000 Å 程度である。こ
10 の塗布膜に対し図 17 (c) に示すように UV 光照射を行い液晶分
子が基板に平行に並んだ状態で硬化させて水平配向液晶層 2504
を形成した。なお、この硬化過程は雰囲気中の酸素により阻害され
ないように窒素等の不活性ガス雰囲気中で行った。

- 15 この後、図 17 (d) に示すように、液晶分子を基板に対し垂直
に立てるための垂直配向膜 2505 を上記硬化した液晶上に形成し
た。

- 20 さらに、図 17 (b) と同様にスピナー 2510 上に再びセッ
ティングし UV 硬化型の液晶を同様に塗布し硬化させて垂直配向液晶
層 2506 を形成した。また、連続形成に先立って予め他のガラス
基板に対し 1 層のみ水平配向と垂直配向用の配向目をそれぞれ形成
し、UV 硬化型の液晶が水平または垂直に配向することをクロスニ
25 コルの偏光板の下にサンプルを配置して顕微鏡で観察することで確
認した。

- 以下、上記の工程を繰り返し行うことにより、図 17 (e) に示
すように、液晶分子の配向方向が基板に対し水平なものと垂直なも
25 のが交互に連続した多層構造を形成した。この過程により図 16 に
示すものと同様な回折光学素子が出来上がった。

上記のようにして作製された回折光学素子 2501 に、波長 544 nm の緑色のレーザー光を入射し、また、入射角度を変化させて回折効率の評価をしたところ S 波は概ね透過し、P 波成分のみが反射され、液晶分子の配向方向が異なる多層構造が形成されていることが確認された。また、光束の入射角度変化に対して P 1 次は低下するものの、S 1 次は増加することなくコントラストは入射角度変化に対して変わらなかった。

(実施の形態 B 3)

10 回折光学素子の表面に垂直な方向（厚さ方向）に屈折率分布の周期構造が形成された回折光学素子およびその製造方法のさらに他の例について説明する。

上記実施の形態 B 2 と同様にしてスピンコート塗布により UV 硬化型の液晶を積層させる際に、液晶分子を水平配向と垂直方向に交互に積層させるのではなく水平方向のみの一方向に配向させた。このとき、1 層目の液晶の塗布は実施の形態 B 2 と同様に行った。

次に 2 層目の液晶の種類を常光屈折率は概ね 1.5 程度で等しいが、異常光屈折率が 0.1 程度大きい液晶を使用した。具体的には 1 層目の液晶は (No: 1.48, Ne: 1.55)、2 層目の液晶
20 は (No: 1.48, Ne: 1.65) のものを使用した。

このように 1 層目と 2 層目で液晶の配向方向を等しくできるため配向膜を 1 種類とすることができ、また周期構造としても交互に異なる配向を行うよりもより簡略な設計となる。さらに、最初のラビングを施した配向膜に対し液晶を塗布して配向方向を規定することで 2 層目以降の配向方向に対してもある程度制御を行うことができるため、液晶塗布前の配向膜形成を省略できる可能性をも有してお

り実施の形態 B 2 に比べより簡略で確実な製造方法を提供できる。

以上のような工程で完成した回折光学素子 2 5 0 1 の概略図を図 1 8 に示す。1 層目の液晶と 2 層目の液晶は同じ方向に配向しており異常光の屈折率が異なっている。いまこの素子上に図 1 6 のように光波が入射した場合を考える。S 波の入射に対しては 1 層目、2 層目の液晶の常光屈折率は 1 . 4 8 と等しいため、等方媒体と見なされそのまま直進して通過し回折の影響は受けない。

次に、P 波が入射した場合は、第 1 層目の液晶の異常光屈折率は 1 . 5 5 であり、2 層目の異常光屈折率は 1 . 6 5 であり、0 . 1 の屈折率差が生じる。このため、これらの液晶層が交互に積層された周期構造によって P 波は回折作用を受け基板に対し図 1 6 と同様に反射する方向に出射することになる。

この回折光学素子を実施の形態 B 2 と同様にして回折効率の評価を行った。この結果、S 波は透過し、P 波は反射する特性を示した。また、入射方向の角度依存性については S 波は入射角度が変化するにつれ減少しており、コントラストの角度依存性はほとんどなかった。

(実施の形態 B 4)

前記実施の形態 B 1 (図 8) で示した、回折光学素子の表面に平行な方向に屈折率分布の周期構造が形成された回折光学素子について、さらに回折効率を向上させ得る製造方法を説明する。すなわち、実施の形態 8 の製造方法において、ガラス基板上に高分子からなる配向膜を塗布し、これをラビング処理した後に、レーザ照射による周期構造の形成を試みた。このプロセスについて以下に詳しく述べる。

まずガラス基板を用意し、この基板をダストを除去するために洗
浄した後、高分子からなる配向膜、例えばポリイミドをスピンコー
ト法等により塗布し、加熱処理を行うことなどで配向膜を基板上に
形成した。この後、ローラ等により所定の方向にラビング処理を施
5 した。このラビング処理としては図8に示す1組のガラス基板に対
してアンチパラレルラビング（ラビング方向は等しく、ラビングの
向きが互いに逆方向）とした。

上記のような処理を施したガラス基板3101を用いて、実施の
形態B1と同様液晶と高分子からなる試料をガラス基板に滴下しセ
10 ルの組立を行った。この時、セル厚を調整するためのビーズの径を
3 μm ~ 10 μm 程度のものからいくつか選択して用いた。

また、レーザ露光により形成される周期構造の向きを配向膜に施
したラビング方向と平行方向と垂直方向の2つの種類を作製した。

作製したサンプルに対し、実施の形態B1と同様にP波、S波の
15 レーザ光を照射して効率の評価を行った。この結果、サンプルのセ
ル厚が10 μm 程度のものはP波の回折効率が高く、S波はほとん
ど透過しガラス基板に施したラビング処理方向との依存性はほとん
ど生じなかった。

サンプルのセル厚が5 μm 程度のものは、P波とS波の回折効率
20 がラビング処理の方向により変化が生じた。

ラビング処理の方向が図8に示す液晶分子が配向している方向に
対して垂直（紙面の鉛直方向）の場合、P波は透過率が回折効率よ
りも大きく、S波は回折効率が透過率よりも大きく生じた。また、
図8の液晶配向と同じ方向にラビング処理を行った場合はS波は9
25 5%以上透過し、P波の回折効率が90%を超える良好な光学特性
が得られたものがあった。

サンプルのセル厚を $3\ \mu\text{m}$ 程度とした場合、ラビング処理方向と P 波、S 波に対する回折効率の依存性は $5\ \mu\text{m}$ ビーズを用いた場合より大きく生じた。しかし、回折効率については 60% 程度が最大であり、これ以外の方向への回折光が増加した。

- 5 以上のようにラビング処理はサンプルのセル厚が小さくなるほど効果が大きいことがわかる。これは、ラビングは基板表面に対する配向規制力のためセル厚が厚い場合は中心部に存在する液晶分子に対する影響は小さいからと考えられる。

- 10 一方、セル厚が小さくなれば基板表面の配向規制力が支配的になり、実施の形態 B 1 で述べた周期構造形成過程での応力等による物理的な要因よりも上回ることになるためではないかと思われる。この時、セル厚が周期構造ピッチと等価程度まで小さくなると実施の形態 B 1 で説明したようなブラッグ回折の効果が低下するため、回折効率が低下する。これらのことを考慮に入れて回折光学素子の設計を行うことが重要と思われる。ここでの作成例では周期ピッチ $1\ \mu\text{m}$ に対し、セル厚 $5\ \mu\text{m}$ 程度では回折効率を比較的高く保ったままラビングによる制御がある程度可能と思われる。

- 20 このような方法は周期構造パターンが単純な格子構造ではなく特定形状を有するパターンを形成し、液晶分子の配向方向と格子形状を独立に制御したい場合や、入射光波の偏波面依存性を任意に決めたい場合に有効と考えられる。

(実施の形態 B 5)

- 25 レーザ 2 光束干渉による μm オーダーの微細な周期構造の形成とは別に、所定のパターンのフォトリソを用いた露光を行う回折光学素子の形成方法を説明する。

図 1 9 に示すように、1 対のガラス基板 3 1 0 1 で挟まれた領域には実施の形態 B 1 と同様の光学媒体 3 6 0 2 が含まれている。

このガラス基板に対しフォトマスク 3 6 0 1 を用いて部分的に光照射を行う。図 1 9 に置いて説明の便宜上、フォトマスク 3 6 0 1 とガラス基板 3 1 0 1 間に隙間が存在しているように描いているが、
5 フォトマスク 3 6 0 1 を直接ガラス基板に接するようにするか、レンズ係でガラス基板上にパターンが結像されるようにしてもよいことは言うまでもない。

フォトマスク 3 6 0 1 を用いて光照射を行う過程について次に説明する。図 1 9 に示すフォトマスク 3 6 0 1 はガラス基板の周辺のみ
10 みにマスクが形成されておらず、この部分のみ光を通過する。今、この部分に 5 1 5 n m 程度以下の概ね均一なレーザ光または水銀ランプ等からの光が照射されると光が通過する領域に対応するガラス基板下の高分子が硬化し始め、柱 3 6 0 3 (壁) を両端 (周囲) に
15 形成する。

この後、フォトマスク 3 6 0 1 を取り外し、実施の形態 B 1 と同様にレーザ光の 2 光束の干渉からなる干渉縞に対応する強度分布を照射し、 μ m オーダーの周期構造を形成するものとする。

以上のような工程において先にフォトマスク 3 6 0 1 により光照射
20 射を行いガラス基板の周辺を硬化させると、周辺部分のみが優先的に高分子層でシールされることになる。これは、作製したサンプルの周辺に UV 硬化樹脂等を新たに塗布して UV 光で硬化する工程をすることとプロセス的には等価である。従って、素子の密封性が保たれ高温放置等に対する耐信頼性が向上することになる。

25 さらに周辺に高分子の柱をあらかじめ形成することでサンプル全体におけるセル厚の均一性を保たせることにもなる。これより後に

続く微細な周期構造作製時にセル厚が基板全体に渡って均一に保たれる。このため周期構造が中央だけでなく周辺においても均一に形成され、回折効率が素子全体で向上する。

また、上記フォトマスク 3601 のパターンを例えば概ね 1 mm
5 ~ 数十 mm ピッチで複数組合むパターンのフォトマスクを用いて露光を行うことを考える。フォトマスク 3601 を用いて露光を行った後、微細な周期構造を形成し、実施の形態 B1 と同様にサンプルを完成させる。この完成した回折光学素子のサンプルをフォトマスク 3601 により周辺がシールされた部分でカットを行う。すると、
10 同じ特性を有する比較的サイズの小さい、または微小なサイズの回折光学素子サンプルを一度に複数作製することができる。すなわち、周辺があらかじめ高分子層で遮蔽されているため、ガラスカットを行っても液晶が外部へ流出し素子性能が劣化する心配がない。このような方法は光ヘッドアップに用いられているような比較的サイズの
15 の小さい、または微細なサイズの回折光学素子を多数作製する場合に効果的であり、作製コストの削減にも非常に有効であると考えられる。

また、図 20 (a) に示すように、柱 (壁) にしようとする部分を覆うフォトマスク 3604 を用いて先に干渉縞による露光を行った後に、図 20 (b) に示すように上記フォトマスク 3604 とは
20 ネガの関係にあるフォトマスク 3605 を用いてシール部を形成するようにしても、同様の効果を得ることができる。

(実施の形態 C1)

25 前記実施の形態 B1 等で説明した回折光学素子を用いて構成された偏光照明装置を有する画像表示装置の例を説明する。

偏光照明装置は、図 2 1 に示すように、光源 2 1 0 1 と、回折光学素子 2 1 0 2 とから構成されている。また、画像表示装置は、上記偏光照明装置と、ライトバルブ 2 1 0 3 と、投写レンズ 2 1 0 4 とから構成されている。

- 5 光源 2 1 0 1 は、発光部 2 1 0 1 a と、発光部 2 1 0 1 a からの光束をほぼ平行光束にして出射するリフレクタ 2 1 0 1 b とを備えている。上記発光部 2 1 0 1 a としては、例えば蛍光ランプや、キセノンランプ、メタルハライドランプ、水銀ランプ、LED、FED、レーザー光、無機または有機 EL 素子等が用いられる。
- 10 回折光学素子 2 1 0 2 は、光源 2 1 0 1 から出射される光束のうち、同図の紙面に平行な方向に偏光方向を有する光束（ここで P 波として定義する）を回折させて除去する一方、同図の紙面に垂直な方向に偏光方向を有する光束（ここで S 波として定義する）を透過させてライトバルブ 2 1 0 3 に入射させるようになっている。回折
- 15 光学素子 2 1 0 2 は、また、ライトバルブ 2 1 0 3 から反射される光束のうちの S 波を透過させ、P 波だけを投写レンズ 2 1 0 4 に向けて回折させるようになっている。

- 上記ライトバルブ 2 1 0 3 は、入射した S 波を画像信号に応じて偏光変調し、P 波と S 波との混在した光束を反射するようになっている。
- 20 いる。より詳しくは、表示画像の黒に対応する画素では偏光方向の変調を行わずに S 波のまま反射し、白または中間調の画素では各画素に印加された電界に応じて偏光変調された P 波成分を含む光波を反射する。すなわち、ライトバルブ 2 1 0 3 に入射して反射された光束は、その入射位置に対応した画素の電界の有無により偏光方向
- 25 が異なることになる。上記ライトバルブ 2 1 0 3 としては、例えばツイステッドネマティック液晶表示素子や、ホメオトロピックタイ

ブのVAモード液晶素子、また、電界の極性により液晶分子の配列の方向が異なる強誘電性液晶や反強誘電液晶等が用いられる。

5 投写レンズ2104は、ライトバルブ2103からの反射光束のうち、前記のように回折光学素子2102によって回折したP波を図示しないスクリーンに拡大投写するようになっている。

ここで、上記回折光学素子2102として、前記実施の形態B1等で説明したように高い偏光選択性と回折効率とを有する回折光学素子を用いることにより、光源2101から入射するP波やライトバルブ2103から入射するS波は、ほとんどライトバルブ2103または投写レンズ2104に入射しない一方、光源2101から入射するS波やライトバルブ2103から入射するP波は、ほとんどライトバルブ2103または投写レンズ2104に入射するため、コントラストが高く、かつ明るい画像を表示することができる。また、回折効率の入射角依存性が低いため、F値の小さな投写レンズ2104をコントラストの低下を招くことなく用いることができる。

すなわち、前記実施の形態B1で示した回折光学素子が本実施の形態のような画像表示装置に適している理由を上記回折光学素子の特性（図14、図15）に基づいてより詳しく説明すると、図14におけるS1次は回折光学素子を透過せず回折する成分であり、この値としては小さいほど偏光照明装置に適する。また、P1次はこの回折光学素子によって回折され反射光として投写レンズ2104に入射し利用される成分である。つまり、P1次/S1次の比はスクリーン上でのコントラストに対応しこの値が大きいほど偏光照明装置に用いる場合に好ましいことになる。このコントラストは、図15に示すように少なくとも $\pm 10^\circ$ の範囲では概ね一定の値を保っている。これは、P1次およびS1次の回折光強度に関しては、

P 1 次は角度変化により強度が低下するが、S 1 次は角度変化に対して値が増加せず、逆に低下し、角度のズレに対する浮き上がりの現象は生じていないためである。上記入射角は光軸からのズレとしては $F = 3.0$ 程度のレンズを用いた場合に相当する。それゆえ、
5 上記のような回折光学素子を適用した場合、F 値の小さなレンズに対してはライトバルブ 2 1 0 3 から反射された成分のうち S 波が投写レンズ 2 1 0 4 に入射する割合は小さい。従って、コントラストの低下の少ない偏光照明装置を提供することができる。さらに、この画像表示装置では光源 2 1 0 1 からの S 波をライトバルブ 2 1 0
10 3 に入射するように構成している。回折光学素子に対して S 波の透過波は高次に回折されることなく概ね全てライトバルブ 2 1 0 3 に入射するため光利用効率を高く設定することができる。なお、図 1 4 に示したように P 1 次の回折効率は角度が大きくなると減少し、これは白レベルの輝度低下に結びつくが、液晶サンプルの Δn を大きくすることで改善することも可能である。光学媒体として用いる
15 液晶の Δn の値は広く選択することが可能なため、P 1 次の回折効率をより高く、角度依存性が緩和された回折光学素子を同じ方法により製造でき、優れた偏光照明装置を提供できると考えられる。

20 (実施の形態 C 2)

前記実施の形態 B 1 等で説明した回折光学素子を用いて構成された偏光照明装置を有する画像表示装置の他の例を説明する。

この画像表示装置は、色分解、色合成系を備えたカラーでの画像表示が可能な投写型画像表示装置であり、図 2 2 (a) に示す部分
25 は 2 階部分の色分解系で、光源 2 1 0 1 からの光を R (赤)、G (緑)、B (青) の各波長の光に分解するようになっている。また、図 2 2

(b) に示す部分は 1 階部分に配置される色合成系で、上記 2 階部分の色分解系から導かれた各波長の光が反射型ライトバルブ 2 3 1 1 ~ 2 3 1 3 で反射された後、色合成が行われるようになっている。上記 2 階部分と 1 階部分とが上下に重ね合わされて投写型表示装置
5 が構成されている。

この反射型システムの画像表示装置について更に詳しく説明する。光源 2 1 0 1 から出射された光束は第 1 レンズ群と第 2 レンズ群からなるインテグレータ 2 3 0 1 を介して、光束の中央部と周辺部との光強度が均一化されてダイクロイックプリズム 2 3 0 3 に入射
10 する。

このダイクロイックプリズム 2 3 0 3 は各帯域の波長フィルタが内部に形成された構成となっている。このため、光源 2 1 0 1 からの白色光は前記波長フィルタに対応して、例えば色の三原色である R、G、B の各波長に対応した光に分解される。そして、図中矢印
15 で示された方向に上記分解された R、G、B の光がそれぞれ出射する。上記ダイクロイックプリズム 2 3 0 3 は三枚構成のダイクロイックミラーと同様の機能を有するが、プリズム構成のため、広い空間を使用することなく色の分解が可能であり、コンパクトなシステムを構成することができる。なお、ダイクロイックプリズムと概ね
20 等しい構成のダイクロイックミラーを用いることも可能である。

上記 3 つの方向に出射された光は全反射ミラー 2 3 0 5 ~ 2 3 0 7 により反射されて下方の 1 階部分へ導かれる。そして、これらの 3 つの光は回折光学素子 2 3 0 8 ~ 2 3 1 0 に入射し、S 偏光成分がそのまま透過して反射型ライトバルブ 2 3 1 1 ~ 2 3 1 3 に入射
25 する。反射型ライトバルブ 2 3 1 1 ~ 2 3 1 3 で反射された光波は回折光学素子 2 3 0 8 ~ 2 3 1 0 に再び入射し、P 波成分が反射さ

れてダイクロイックプリズム 2 3 0 4 に入射する。

このダイクロイックプリズム 2 3 0 4 は前記ダイクロイックプリズム 2 3 0 3 と逆の機能を有し、それぞれ分かれて入射した R、G、B の光の色合成を行い、1 方向（投写レンズ 2 1 0 4 の方向）に進
5 行する光として出射させる。投写レンズ 2 1 0 4 を通過した光はスクリーン 2 3 0 2 上に拡大された画像として表示される。

上記のような画像表示装置においても、回折光学素子 2 3 0 8 ~ 2 3 1 0 として、前記実施の形態 B 1 等で説明したように高い偏光選択性と回折効率とを有する回折光学素子を用いることにより、コ
10 ントラストが高く、かつ明るい画像を表示することができる。ここで、回折光学素子 2 3 0 8 ~ 2 3 1 0 には、それぞれ、ダイクロイックプリズム 2 3 0 3 によって色分解された R、G、B のいずれかの波長の光が入射する。そこで、各回折光学素子 2 3 0 8 ~ 2 3 1
0 における屈折率分布の周期構造のピッチを入射する光の波長に対して最適化すれば、すなわち、R、G、B と短波長になるにつれピ
15 ッチが小さくなるように形成すれば、回折光学素子 2 3 0 8 ~ 2 3 1 0 の回折効率をより向上させることができる。

（実施の形態 C 3）

20 前記実施の形態 B 1 等で説明した回折光学素子を用いて構成された偏光照明装置の例を説明する。

この偏光照明装置は、図 2 3 に示すように、前記実施の形態 1 の偏光照明装置における回折光学素子 1 1 0 5，1 1 0 6 に代えて、入射した P 波を全て同一の方向に回折させる回折光学素子 3 4 0 5，
25 3 4 0 6 が設けられたものである。このように構成される場合には、入射した光の波長に応じて回折角が異なるために色ごとの光の光路

がずれることに起因するライトバルブ（不図示）の周辺部での色度および光強度の不均一は生じるが、上記回折光学素子 3 4 0 5 , 3 4 0 6 として前記実施の形態 B 1 等で説明したように高い偏光選択性と回折効率とを有する回折光学素子を用いることによって高い偏
5 光変換効率を得ることはできる。

なお、上記色ごとの光の光路のずれは、ライトバルブの中央部を含む大部分の領域では、インテグレータ 1 1 0 4 を構成する各レンズからの光束が重畳されることによって補償されるため、上記のような色度および光強度の不均一が生じるのはライトバルブの周辺部
10 においてだけであり、その影響も、回折光学素子 3 4 0 5 , 3 4 0 6 間の距離を小さく設定することによって低減することはできる。

また、一般に回折光学素子 3 4 0 5 …は入射する光の波長に応じて回折効率が異なるが、この点に関しては、回折光学素子 3 4 0 5 …を構成する液晶の Δn 等を適宜選択することで、可視光波長領域
15 のある程度広い範囲にわたって効率を高く維持することで対応することは可能である。

（実施の形態 C 4）

前記実施の形態 B 1 等で説明した回折光学素子を用いて構成され
20 た偏光照明装置の他の例を説明する。

この偏光照明装置は、図 2 4 に示すように、光源 1 1 0 1 と、回折光学素子 3 5 0 1 ~ 3 5 0 4 と、位相差板 3 5 0 5 , 3 5 0 6 とから構成されている。光源 1 1 0 1 から出射した P 波と S 波とを含む光束が回折光学素子 3 5 0 1 , 5 0 2 に入射すると、回折光学素
25 子 3 5 0 1 , 5 0 2 は、偏光分離作用により、S 波を透過させる一方、P 波を光軸に対称に互いに逆の方向に回折させる。回折光学素

子 3 5 0 1 , 5 0 2 で回折された光束は、それぞれ回折光学素子 3
5 0 3 , 3 5 0 4 に入射する。回折光学素子 3 5 0 3 , 3 5 0 4 は、
それぞれ回折光学素子 3 5 0 1 , 3 5 0 2 と等しい回折特性（ただ
し回折方向は互いに逆）を有している。このため、これらに入射し
5 た P 波は回折作用により進行方向が光源 1 1 0 1 からの出射方向と
等しくなる。回折光学素子 3 5 0 3 , 3 5 0 4 から出射した回折光
は、1 / 2 波長板である位相差板 3 5 0 5 , 3 5 0 6 によって S 波
に変換されて出射する。すなわち、光源 1 1 0 1 からの出射光は全
て S 波となり、偏光方向が揃った光波として偏光照明装置から出射
10 される。

上記のような偏光照明装置において、回折光学素子 3 5 0 1 ~ 3
5 0 4 として、前記実施の形態 B 1 等で説明したように高い偏光選
択性と回折効率とを有する回折光学素子を用いることにより、偏光
変換効率を向上させることが容易にできる。また、上記のような構
15 成では照射面積が光源 1 1 0 1 に対し倍程度と大きくなるが、光源
に直接組み合わせて利用できるため、この偏光照明装置を適用する
装置の構成の自由度が向上し広い応用が期待できる。また、回折光
学素子 3 5 0 1 ~ 3 5 0 4 を用いて構成することで光波の回折方向
を任意に設定することができる。このため、回折角度を大きくすれ
20 ば奥行き方向のサイズを薄くする構成も可能である。

（実施の形態 D 1）

前記実施の形態 B 1 等で説明した回折光学素子を用いて構成され
た画像表示装置の他の例を説明する。

25 まず、概要を説明する。

図 2 5 に示すように、外部光 4 1 0 1 は、P 偏光及び S 偏光成分

を含んだ光波からなる。ここで、同図の紙面に平行な方向に偏光方向を有する成分を図中の矢印で示すようにS偏光として定義し、同図の紙面に垂直な方向に偏光方向を有するものを図中黒丸で示すP偏光として定義する。

- 5 P及びS偏光成分を含む外部光4101が斜め上方から回折光学素子4102に入射すると、回折光学素子4102は、屈折率異方性を有するため、S偏光成分を透過させ、P偏光成分のみを表面に対し概ね垂直方向に回折させる。回折されたP偏光成分は位相差フィルム4103を通過し偏光変調素子4104の各画素を通過し、
10 反射板4105で反射され、再び偏光変調素子を通過する。偏光変調素子を2回通過して各画素毎に偏波面が異なるように変調された光波は位相差フィルムを通過して最終的に偏波面が最適化される。

- ここでON画素を通過した光波は偏波面が変化せずP偏光として同図の左方向から回折光学素子4102に入射し、同図の上方に回
15 折する。一方、OFF画素を通過した光波は偏波面が回転されS偏光として回折光学素子4102に入射するため回折作用を受けず直進して観察者4106に到達する。

- このように観察者4106は偏光変調素子4104の各画素に対応した明暗のパターンからなる画像を認識することができる。さら
20 に観察者が観察する画像は回折光学素子4102による回折作用の影響を受けていない透過光である。このため、回折光学素子の特性である回折角の入射波長依存性の影響を受けない。従って、白色光に対して回折光学素子4102を通過後も波長毎に回折方向が変化する結果生ずる色ズレ等の影響のない明瞭な画像を認識することが
25 可能となる。

以下、より詳しく説明する。

外部光 4 1 0 1 が回折光学素子 4 1 0 2 に入射すると以下のような作用を生ずる。上述したように回折光学素子 4 1 0 2 は屈折率異方性を有する光学媒体を用いて形成されており、厚さが 1 0 μ m 程度と厚いため、屈折率分布が厚さ方向にも周期的に分布している。

5 このため、偏光方向により回折作用が異なり、また回折作用としては 1 方向に高い回折効率を示す特性を有する。

P 偏光は回折光学素子 4 1 0 2 に対して異常光成分として働くため、前記素子内に形成された周期構造の屈折率分布により変調され、
図 2 5 で示すように回折光学素子の表面に対して垂直方向に曲げられ、位相差フィルム 4 1 0 3 に入射する。
10

一方、S 偏光は回折光学素子 4 1 0 2 に対して常光成分として作用するため、回折光学素子 4 1 0 2 に対して周期構造からなる屈折率分布の影響を受けず、等方的な均一な屈折率の媒体を通過する時と同様の特性を示す。このため、S 偏光は回折光学素子 4 1 0 2 を
15 そのまま通過することになる。従って、回折光学素子 4 1 0 2 を通過した後、偏光方向が揃った P 偏光のみが位相差フィルム 4 1 0 3 を通過し、偏光変調素子 4 1 0 4 に入射する。

ここでは、偏光変調素子 4 1 0 4 として、入射面と出射面とで液晶分子の方向がねじれて構成されているツイストネマティック液晶
20 を用いた。この素子にはパターンニングされた透明電極が形成されており各画素毎に電界の印加が可能である。液晶を完全にスイッチングできるだけの電界が印加されている画素 (ON) は、液晶分子のねじれが解け、入射面に対して液晶分子が等方的に立った状態 (ホメオトロピック) になっている。このため、この画素に入射した P
25 偏光は変調を受けることなくその偏光状態を維持したまま液晶素子を通過して反射板 4 1 0 5 で反射され、再び偏光変調素子を通過し

P 偏光のまま出射する。

ここで反射板 4 1 0 5 は金属から構成されたものや誘電体多層膜から構成されたもの等が利用できる。今回は A 1 を蒸着により形成したしたものを用いた。また反射板の表面に微少な凹凸やブレース
5 化されたノコギリ形状を形成して視野角特性を制御することも可能である。

次に電界が印加されていない画素 (OFF) では液晶分子は入射面から出射面までの厚さ方向において液晶分子の角度がねじれた状態となっている。このため、この画素に入射した P 偏光は反射板 4
10 1 0 5 で反射され、偏光変調素子 4 1 0 4 を 2 度通過する間に液晶のねじれに起因するツイストネマティック効果によりその偏波面が概ね 90° 回転する。従って、OFF 画素を通過した後、先の光は S 波となって出射することになる。

位相差フィルム 4 1 0 3 は偏光変調素子 4 1 0 4 によって変調された偏波面を最適化制御するために用いられる。位相差フィルム 4
15 1 0 3 としては例えば偏波面の向きを往復通過により 90° 変化させるための $\lambda/4$ 板が利用できる。また、回折光学素子 4 1 0 2 で偏光方向が揃えられるが、さらに偏波面を整えてコントラスト特性を向上させるため偏光子の利用も可能である。この時、回折光学素子 4 1 0 2 で偏波面の変調も行われるため、偏光子として偏光度の
20 低いものを使用することも可能である。つまり、偏光度の低いものを利用すれば単独で偏光度の高い偏光子を利用することに比べ透過特性が大きくなり、光の利用効率を向上させることができる。また、位相差フィルム 4 1 0 3 として散乱板を用いればホログラム出射後
25 の視野角特性を広げることも可能である。

このように位相差フィルム 4 1 0 3 として各種のフィルムを選択

または組み合わせることによって表示画像特性を所望の状態にすることが可能となる。

5 以上のように 偏光変調素子を通じた後、通過位置に対応した画素の電界の有無により光の偏光方向が異なることになる。これらの光が回折光学素子 4 1 0 2 に入射すると O N 画素を通過した P 偏光は、回折光学素子 4 1 0 2 により図 2 5 の上方に進行方向が曲げられて回折される。また、O F F 画素を通過した S 偏光は回折光学素子 4 1 0 2 により変調を受けないためそのまま直進する。

10 従って液晶素子の各画素を通過した光は、画素に印加される電界に応じて偏光方向が変調され、この結果として回折光学素子 4 1 0 2 を通過する光の進行方向が異なることになる。観察者 4 1 0 6 にとって、O N 画素を通過した P 偏光は進行方向が回折作用により曲げられるため、視野域の外側に射出され観察者 4 1 0 6 には認識されない。一方、O F F 画素を通過した S 偏光は、回折光学素子 4 1 15 0 2 をそのまま直進するため、観察者 4 1 0 6 の視野領域内に入り、明パターンとして認識される。従って、回折光学素子 4 1 0 2 を射出した後、偏光変調素子 4 1 0 4 の各画素に対応した画像が観察者 4 1 0 6 にとって認識されることになる。また、各画素に印加する電界量を制御することで液晶を通過する光の偏光方向を先の P 偏光 20 と S 偏光の中間状態、つまり楕円偏光のように設定することができる。このとき、回折光学素子 4 1 0 2 に入射した光は各画素に印加する電圧に応じて直進する成分と回折される成分とに分割されるため、中間調の表示も可能となる。

25 今、偏光変調素子 4 1 0 4 としてツイストネマティックタイプのものを例として説明を行ったが入射光に対してその偏光方向を変調する作用を有するものであれば、いずれのタイプのものでもよい。

90°以上のねじれの角度を有するスーパーツイストネマティック
(STN)液晶も同様に利用可能である。また、液晶分子がその厚
さ方向に対して一様にホモジニアス配列しており、電界の印加に対
してホメオトロピック配列を行う（または、ホメオトロピック配列
5 からホモジニアス配列へと変化するものも同様）のようなVA (V
e r t i c a l A l i g n e) モードの液晶を使用しても同様の
効果を得ることができる。

また、反射板4105を設けるのに代えて、偏光変調素子410
4における画素電極として反射性の材料を用いるようにしてもよい。
10 更に、電界の極性により液晶分子の配列の方向が異なる強誘電性
液晶や反強誘電液晶等の利用も可能である。

偏光変調素子4104に利用される液晶素子としては、通常、液
晶ディスプレイとして用いられている液晶パネルと同様のものでは
ある。従って、液晶素子に使用されている前後の偏光板と回折光学素
15 子4102との置き換えによって画像表示装置を構成でき、他の照
明系や駆動系等はそのままの状態で適用することができるため非常
に汎用性に優れている。

具体的に偏光変調素子4104として3インチ程度のVGA (6
40×480)の分解能を有する液晶パネルを使用した。これに画
20 像信号を入力し、観察者4106の位置付近において室内照明光の
下で観察したところ、色の滲みもなく入力した画像を正しく認識す
ることができた。コントラストとしては10:1程度であった。さ
らに位相差フィルム4103として偏光度の低い偏光子を配置した
場合はコントラストは30:1程度まで向上した。この時輝度とし
25 ては1割～2割程度減少した。

なお、図25における回折光学素子4102を通過してP偏光が

回折して出射した同図の上方に観察位置を移動したところ、先の画像に対し明暗が反転した画像が認識され、この位置では色ズレが観察された。

5 以上のように屈折率異方性を有する光学媒体から構成された屈折率分布型の回折光学素子 4 1 0 2 と偏光変調素子 4 1 0 4 とを組み合わせ、回折光学素子 4 1 0 2 からの透過光を画像表示に用いることで色ズレのない視認性のよい画像表示装置を作製できることが確認された。

さらに、内部のバックライトを必要としないため、低消費電力化
10 及び小型化にとって有望である。

(実施の形態 D 2)

前記実施の形態 B 1 等で説明した回折光学素子を用いて構成された画像表示装置の他の例を説明する。

15 この画像表示装置は、図 2 6 に示すように光源 4 2 0 2 を備えている。上記光源 4 2 0 2 としては、蛍光ランプ、キセノンランプ、メタルハライドランプ、水銀ランプ、LED、FED、レーザー光、無機または有機 EL 素子等が利用できる。

本実施の形態では、光源 4 2 0 2 として蛍光ランプを用い、配置
20 を回折光学素子 4 1 0 2 の下側付近から透明なアクリルの導光板 4 2 0 3 を介して光を照射するサイドライトの構成とした。

また、偏光変換フィルム 4 2 0 1 を回折光学素子 4 1 0 2 と導光板の間に配置した。偏光変換フィルム 4 2 0 1 は特定の偏波成分のみを透過し、他の偏波成分は反射する特性を有するもので例えば N
25 IPOCS (日東電工社製) がある。図 2 6 では S 偏光光を透過し P 偏光光を反射する特性を有したものを配置している。この場合反

射した S 偏光光は導光板 4 2 0 3 に戻りここで再び反射される。この時偏光状態が直線偏光状態から楕円偏光状態に若干変化する。従ってこの光波が偏光変換フィルム 4 2 0 1 に入るときに楕円偏光の中の S 偏光成分が新たに透過する。

5 このように偏光変換フィルム 4 2 0 1 と導光板 4 2 0 3 との間で多重反射を繰り返すことで偏光方向が一方向に整えられて偏光変換フィルム 4 2 0 1 を通過する。従って光源 4 2 0 2 からの光波の偏光変換を行って偏光変調素子 4 1 0 4 で利用することができ光利用効率を向上させることが可能となる。

10 偏光変調素子 4 1 0 4 は実施の形態 D 1 と同様の液晶パネルを用いた。また、他の構成についても実施の形態 D 1 と概ね同様のものを使用した。偏光変換フィルム 4 2 0 1 で概ね S 偏光となった光波は続いて配置された回折光学素子 4 1 0 2 に入射する。ここで再び S 偏光は透過し偏光変調素子 4 1 0 4 の各画素へと入射する。

15 偏光変調素子 4 1 0 4 を通過する光は画素の印加信号に対応して偏光方向が変調され、位相差フィルム 4 1 0 3 で偏光方向が最適化され、もう 1 つの回折光学素子 4 1 0 2 に入射する。

ここで、P 偏光は紙面上方に回折され観察者 4 1 0 6 の視域外へと出射される。S 偏光は回折光学素子 4 1 0 2 をそのまま通過し、

20 観察者 4 1 0 6 によって認識されることになる。

観察者 4 1 0 6 の位置から回折光学素子 4 1 0 2 方向を観察した場合、印加された入力信号に対応する画像が色の滲みもなく正しく認識された。また、観察者 4 1 0 6 付近の位置から回折光学素子 4 1 0 2 を通して外界の風景を観察することも可能であった。

25 以上のように、ここで構成した画像表示装置は、画像表示と外界の風景とを同時に、または外界の風景だけを切り換えて認識するこ

とが可能であり、シースルータイプのディスプレイとして利用可能であることが確認された。

(実施の形態 D 3)

5 前記実施の形態 B 1 等で説明した回折光学素子を用いて構成された画像表示装置の他の例を説明する。

図 2 7 に実施の形態 B 1 等と同様にして作製した回折光学素子 4 1 0 2 を用いて構成した外部光及び内部光源の併用タイプの画像表示装置を示す。偏光変調素子 4 1 0 4 は実施の形態 D 1 と同様の液晶パネルを用いた。また、他の反射板 4 1 0 5 または位相差フィルム 4 1 0 3 も実施の形態 D 1 と概ね同様のものを使用した。光源 4 2 0 2 としては白色 LED にライトガイド (図 2 7 中には不指示) を配置した小型の光源を用いた。

外部光 4 1 0 1 による画像表示作用は実施の形態 D 1 と同様である。

次に光源 4 2 0 2 を用いた場合について説明する。導光板 4 2 0 3 は 1 m m 程度の厚さで表面の断面がノコギリ形状をしたプリズムシートからなる。いま光源 4 2 0 2 の白色 LED からの出射光はライトガイドを介して導光板 4 2 0 3 に入射する。そして導光板 4 2 0 3 の表面のノコギリ状の凹凸で反射された光波が回折光学素子 4 1 0 2 に入射する。また導光板 4 2 0 3 からの漏れ光は観察者 4 1 0 6 の方向に入ってこず、導光板 4 2 0 3 に概ね平行に出射するように形状が加工されている。ここで導光板 4 2 0 3 からの反射光のうち、回折光学素子 4 1 0 2 内部の周期構造によって規定された方向からの P 偏光光のみが優先的に回折され、回折光学素子 4 1 0 2 の表面に対し垂直方向に曲げられて偏光変調素子 4 1 0 4 へと入射

する。この後の作用は実施の形態 D 1 で説明したのと同様である。
つまり、偏光変調素子 4 1 0 4 の各画素毎で変調が行われ、位相差
フィルム 4 1 0 3 を通過して回折光学素子 4 1 0 2 を透過した S 偏
光のみが出射するため、観察者 4 1 0 6 は画像を認識することがで
5 きる。

実際、ここで構成した画像表示装置を観察者 4 1 0 6 から観察し
た結果、暗い部屋では光源 4 2 0 2 を用い、明瞭に画像を認識する
ことができ、明るい照明光の下では光源 4 2 0 2 を点灯することな
く画像の認識を行うことができた。このことから、ここで構成した
10 画像表示装置を用いて暗い場所や明るい照明光の下など環境に応じ
て光源を選択することが可能であることが確認された。したがって、
消費電力の低減と多種の環境下での画像の視認性を向上させること
が可能である。

さらに、画像表示装置が置かれる環境での照明光の明るさを検出
15 し、自動的に光源を選択または光源の強度を設定するような使い方
も可能であり、表示能力を一層向上させることが可能であり幅広い
用途が期待できる。

(実施の形態 D 4)

20 前記実施の形態 B 1 等で説明した回折光学素子を用いて構成され
た画像表示装置の他の例を説明する。

図 2 8 に実施の形態 B 1 等で作製した回折光学素子 4 1 0 2 とカ
ラーフィルタ 4 4 0 1 を組み合わせて構成した画像表示装置を示す。
外部光 4 1 0 1 による回折光学素子 4 1 0 2 での偏光分離及び回折
25 作用については実施の形態 D 1 と同様である。偏光変調素子 4 1 0
4 としては、R、G、B に対応する各画素を有している液晶パネル

を使用した。

カラーフィルタ 4 4 0 1 は R、G、B の選択されたそれぞれの波長の光を透過し、他の光を吸収する。また各画素は、後に続く液晶素子の各画素と対応するように形成されている。カラーフィルタ 4
5 4 0 1 を通過した、R、G、B の各波長に対応する光は偏光変調素子 4 1 0 4 の各画素に入射する。そして、各画素の ON、OFF に対応して偏光方向が変調される。

この結果、ON 画素を通過した P 偏光光は回折光学素子 4 1 0 2 で紙面上方に回折され、観察者 4 1 0 6 の視野域外となり、光強度
10 として認識されない暗パターンとなる。R、G、B それぞれの光に対して回折角は若干異なるが、図 2.8 に示したように回折角が小さい B 光も観察者の視野域外となるように回折角が設定されているため波長による影響は受けない。

一方、OFF 画素を通過した S 偏光光は回折光学素子 4 1 0 2 を
15 そのまま透過し観察者 4 1 0 6 に到達する。

図 2.8 では簡単化のため R、G、B に対応する各画素がすべて ON と OFF の場合を示してあるが、それぞれの波長の光が入射する各画素に対し、印加する電界を独立に制御し回折光学素子 4 1 0 2 を通過させる。このことで観察者 4 1 0 6 には R、G、B のそれぞれの波長の光の内、選択された光が到達することになる。このため、
20 それぞれの組み合わせとしてのカラー画像の表示が可能になる。

ここで、観察者 4 1 0 6 に認識される表示画像は回折光学素子 4 1 0 2 からの透過光成分である。したがって、R、G、B 各波長に対しても回折光学素子 4 1 0 2 による波長分散の影響は受けない。
25 結果としてここでのカラーフィルタ 4 4 0 1 を用いたカラー表示の場合においても、画像に対して色ズレ等の問題は生じない。

実際、ここで構成した画像表示装置に R、G、B のカラー画像信号を入力し、回折光学素子 4 1 0 2 から 3 0 c m 程度離れて観察したところ、混色や色の滲み等はなく明瞭なカラー画像を観察することが可能であった。

- 5 また、ここでのカラーフィルタの組み合わせは図 2 8 の構成においてのみ限定されるものではなく、実施の形態 D 2 または実施の形態 D 3 における透過タイプ、透過と反射の兼用タイプ、また、これらの変更された構成においても適用できることは言うまでもない。

10 (実施の形態 D 5)

プラスチックフィルムを基板として用いた回折光学素子、およびその製造方法について説明する。

図 2 9 に透明絶縁性基板 4 5 0 1 として厚さが数十～数百 μ m 程度、例えば約 1 0 0 μ m のプラスチックフィルムを用いた場合の回

- 15 折光学素子の形成方法を示す。

プラスチック基板としては例えばアモレックスフィルム（藤森工業製）等が利用できる。プラスチック基板を用いることで素子の低コスト化とフィルム単体として後付で液晶パネル等の表面に張り付けて使用することができるため利便性が向上する。

- 20 プラスチック基板を用いた場合、1 0 0 μ m 程度と薄く容易に変形してしまうため、製造段階では剛性を有する別の基板上に設置して取り扱うことが必要となる。図 2 9 では色ガラス基板 4 7 0 1 上に透明絶縁性基板 4 5 0 1 としてのプラスチックフィルムを設置する場合について示してある。図 2 9 には図示していないが、照射光
- 25 の入射側には反射防止膜付のガラス基板を色ガラス基板 4 7 0 1 と対向させて設け、間に 1 対の透明絶縁性基板 4 5 0 1 および液晶と

高分子前駆体等を含む光学媒体 4 5 0 2 をサンドイッチして照射光による露光を行う。

上記色ガラス基板 4 7 0 1 は回折格子の形成のために用いる 5 1 4 . 5 n m の波長の光を概ね全て吸収する特性を有するオレンジ色のものを使用した。また表面には反射防止膜を形成している。透明絶縁性基板 4 5 0 1 として用いたプラスチックフィルムと色ガラス基板 4 7 0 1 または対向して設けられるガラス基板との付着は基板と概ね屈折率が等しいオブティカルマッチング液や水分による吸着等によって行うことができる。

10 次に図 2 9 の構成においてレーザ光による格子形成が精度よく行われる過程について説明する。通常、サンプルを透過したレーザ光成分はガラス基板の出射面またはサンプルを保持しているジグ等によって反射され、再びサンプルに入射される。これらの反射光の干渉により設計値とは別のピッチを有する格子がサンプル内に形成されたり、ジグ等からの反射光は散乱するためスペckルノイズを付与することになる。したがって、これらの構造に起因する回折または散乱作用が生じ、所望の格子構造からの回折機能を低下させ効率を落とすことになる。

ここで色ガラス基板 4 7 0 1 を用いることで、プラスチックフィルムを平行に保持してフィルム間の厚さを均一にするベース基板としての役割とサンプルを透過したレーザ光成分を吸収する 2 つの目的を同時に満足することができる。このためサンプルはプラスチックフィルム間に均一な厚さで保持され、しかもサンプル裏面からの反射光等の影響を受けないため効率の高い素子の作製を行うことができる。

実際に、透明絶縁性基板 4 5 0 1 として 1 0 0 μ m のアモレック

5 スフィルムを用い、色ガラス基板 4 7 0 1 としてオレンジ基板を用いて、レーザ干渉により回折光学素子 4 1 0 2 を作製した。実施の形態 B 1 と同様に 5 4 4 n m 波長の H e - N e レーザで効率評価を行ったところ P 偏光入射に対して 9 0 % 以上の回折効率を有し、S 偏光の入射に対しては 9 5 % 以上の透過率を示した。

10 以上のように本発明の回折光学素子の製造方法を用いることによって非常に薄いプラスチックフィルムを用いて優れた偏光分離特性と高い効率を有する素子を作製できる。また、この方法により回折光学素子 4 1 0 2 をフィルム化することができるため、適用範囲が広がり幅広い応用分野が期待される。

15 なお、上記のように製造段階では剛性を有する別の基板上に設置して取り扱うのに代えて、実際に回折光学素子を用いるユニットの基板などにプラスチックフィルムを貼り付けて回折光学素子を形成するようにしてもよい。この場合には、でき上がった回折光学素子を上記ユニットなどに貼り付ける手間を省くことができる。

(実施の形態 D 6)

20 図 3 0 に散乱異方性フィルムを用いた回折光学素子 4 1 0 2 の作製方法を示す。散乱異方性フィルム 4 8 0 1 は所定の入射角度範囲内から入射する光束に対して散乱特性を示し、所定の入射角度範囲外からの光束は透過するという特性を有したものである。例えば散乱異方性フィルム 4 8 0 1 は、図 3 0 において物体光と参照光との 2 つの方向からの光束を示しているが、物体光の方向からの光束に対しては散乱させ、参照光の方向からの光束に対しては透過させる特性を示す。このような特性を有する散乱異方性フィルム 4 8 0 1 25 としては例えばルミスティ（住友化学工業製）が利用できる。

いま実施の形態 D 5 と同様にして透明絶縁性基板 4 5 0 1 として 1 0 0 μ m 厚のアモレックスフィルムを用い、色ガラス基板 4 7 0 1 としてはオレンジ色のタイプを使用して回折光学素子 4 1 0 2 の作製を行った。

5 今回、散乱異方性フィルム 4 8 0 1 の表面には反射防止の処理を施し、透明絶縁性基板 4 5 0 1 とはオブティカルマッチング液によって付着させた。レーザ露光において物体光に対しては散乱特性を示すため、参照光と物体光との角度に対応する格子に対して散乱成分が寄与した形の周期構造が内部に形成されることになる。

10 このようにして作製した回折光学素子 4 1 0 2 の効率を 5 4 4 nm の H e - N e レーザを用いて評価した。参照光に対応する方向から H e - N e レーザの P 偏光を入射すると物体光の入射方向に散乱成分を含んだ回折光が生じた。また、物体光の方向から入射した場合は、参照光方向に回折光が観察されたが、この場合は散乱成分は
15 見られなかった。

なお、参照光や物体光として平行光ではなく発散光や収束光を用いることも可能である。この場合、回折光学素子に入射する光波に対して回折光は発散または収束する作用を生じることになる。

20 以上のように散乱異方性フィルム 4 8 0 1 を用いることにより、散乱特性を付与した回折光学素子 4 1 0 2 を容易に作製することが可能である。また、レーザ露光時の 2 光束光を発散光または収束光とすることで回折光学素子から回折する光波の広がり角に変化を持たせることができる。この機能を有する回折光学素子を用いれば画像表示装置の視野域を容易に変えることも可能となる。

25

(実施の形態 D 7)

図 3 1 に上記実施の形態 D 5 または D 6 において作製した回折光学フィルム 4 9 0 1 を後付で偏光変調ディスプレイ 4 9 0 2 に張り付けた構成例を示す。回折光学フィルム 4 9 0 1 は厚さが $200\mu\text{m}$ 程度と非常に薄く作製することができる。実施の形態 D 1 で述べたような液晶パネルの偏光板の代わりに容易に配置することが可能で、この構成により偏光変調と表示方向制御の両特性を同時に有するディスプレイとして用いることができる。

また実施の形態 D 5 または D 6 のような製造方法を用いて回折光に対する散乱特性または広がり角を制御することによって、画像を認識できる視野域を変化することができる。例えば散乱特性を有する回折光学フィルム 4 9 0 1 を用いて図 3 1 に示すような画像表示装置を構成すれば、散乱特性により視野角を大きくとることができ広い範囲から画像の認識が可能な直視型モニターとして利用することも可能となる。

15

(実施の形態 D 8)

回折光学素子を R ($0.65\mu\text{m}$)、G ($0.55\mu\text{m}$)、B ($0.45\mu\text{m}$) の各波長の光による多重露光によって形成する例を説明する。

20 回折光学素子の作製プロセスについて以下に述べる。まず、前記実施の形態 B 1 と同様にしてサンプルを作製した。これを実施の形態 B 1 と同様にして Ar レーザからなる光学系にセッティングし、G ($0.55\mu\text{m}$) の波長に対応する干渉縞の明部に対する露光を行った。次に、ミラーの角度を変化させ、前記の第一の行程を繰り返し、R ($0.65\mu\text{m}$) の波長に対応する露光をおこなった。B ($0.45\mu\text{m}$) に対応する干渉縞を同様にして作製し露光を行っ

25

た。この後、実施の形態 B 1 と同様にして均一な光を回折光学素子に照射する第二の行程を行うことで干渉縞が重畳された回折光学素子を作製した。

5 以上のようにして作製した回折光学素子を実施の形態 D 4 (図 2 8) の画像表示装置における回折光学素子 4 1 0 2 として用い、偏光変調素子 4 1 0 4 にカラーの映像信号を入力し、観察者 4 1 0 6 の位置から観察したところ、色の滲みや混色等の問題もなく明瞭な画像を認識することができた。更に、観察位置を前後に 3 0 c m 程度移動させても画質の劣化等の影響は生じなかった。

10

(実施の形態 D 9)

回折光学素子を R (0 . 6 5 μ m)、G (0 . 5 5 μ m)、B (0 . 4 5 μ m) の各波長の光による露光によって形成された回折光学素子を積層して構成する例を説明する。

15

前記実施の形態 B 1 と同様にして、R (0 . 6 5 μ m)、G (0 . 5 5 μ m)、B (0 . 4 5 μ m) の各波長に対応するようにレーザ光を露光位置まで導くミラーの角度を変化させて露光を行い、3 枚の回折光学素子をそれぞれ作製した。これを積層して 1 組の回折光学素子とし、実施の形態 D 4 (図 2 8) の画像表示装置における回折光学素子 4 1 0 2 として用い、偏光変調素子 4 1 0 4 にカラーの映像信号を入力し、観察者 4 1 0 6 の位置から観察したところ、やはり、色の滲みや混色等の問題もなく明瞭な画像を認識することができた。更に、観察位置を前後に 3 0 c m 程度移動させても画質の劣化等の影響は生じなかった。

25

(実施の形態 D 1 0)

図 3 2 に示すように、実施の形態 D 1 で構成した反射型の画像表示装置を携帯電話やモバイルツールのような携帯情報端末装置 4 9 1 1 の画像表示装置 4 9 1 2 として用いたセットを作製した。同図 5 に示すような携帯情報端末装置 4 9 1 1 においては観察者 4 1 0 6 単独でパーソナルユースとして使用する場合がほとんどである。このため、表示画像は観察者 4 1 0 6 だけに効率的に表示されることが好ましい。

従って、回折光学素子としては散乱特性を有さず特定の回折方向 10 に光束が集光されるものを用いた。この構成では外部光から回折光学素子により回折され偏光変調素子に入射する光束は回折特性によって入射角度が制限される。この結果、反射板で反射されて回折光学素子を透過して表示画像として出射される光束の表示範囲は、画面にほぼ垂直な方向のある画角領域に限定される。従って、観察者 15 4 1 0 6 がこの領域内に目を向ければ、観察者の目の中に効率的に光束が入射し、明るい表示画像を認識することができる。

実際に実施の形態 D 1 で構成した画像表示装置を携帯電話の表示部に配置した。そして信号入力を行って室内照明光の下で視認性を確認した。すると画面に対し垂直方向から観察すると、表面反射によるちらつきやコントラストの低下もなく表示情報を明るく明瞭に 20 観察することができた。さらに手に持って装置の入力部を操作しながらの位置で観察者 4 1 0 6 の目の方向に画像が効率的に表示されており、視認性と操作性において非常に優れていることが判明した。

以上のように本発明の画像表示装置を携帯情報端末装置に適用することで観察者に対する画像認識を容易にし且つ携帯情報端末装置の操作性も併せて向上することが可能という新規の効果を達成すること 25

ができた。

(実施の形態 D 1 1)

図 3 3 に本発明の実施の形態 D 2 で作製した透過型の画像表示装置
5 を用いて構成した車載用のヘッドアップディスプレイの構成例を示す。実施の形態 D 2 で述べたように本発明の回折光学素子 4 1 0 2 を用いることで装置表示部と外界風景との観察の切り換えが可能なシースルーディスプレイ 4 9 2 1 を構成することができる。

この装置を車載用の表示装置として用いると以下のような新しい
10 機能を得ることができる。画像の表示方向を制御可能なため、観察者 4 1 0 6 の座席に座ったときの観察位置に限定して画像情報を効率的に表示したり、表面反射光と表示方向を分離することができる。このため明るい画像を提供することが可能である。

さらに表示部全体が回折光学素子を含めた透過率の高い素子から
15 構成されているので、回折光学素子による表示位置から観察位置をずらせば、たやすく外界の風景や情報を画面を介して認識することが可能である。このため、車載用として用いた場合の安全性に優れている。

以上のように本発明の画像表示装置をシースルーディスプレイとし
20 て車載用のヘッドアップディスプレイに用いれば、優れた表示特性及び利便性を兼ね備えた新たな装置としての効果を発揮することができる。

(実施の形態 D 1 2)

25 液晶表示装置のバックライト等として用いることのできる偏光照明装置について説明する。

この偏光照明装置は、図 3 4 に示すように、光源 5 0 0 1 と、光源 5 0 0 1 の出射光側に設けられた回折光学素子 5 0 0 2 および導光板 5 0 0 3 と、5 0 0 3 の下方に設けられた位相差板 5 0 0 4 (1 / 4 波長板) および反射板 5 0 0 5 とを備えて構成されている。上

5 記回折光学素子 5 0 0 2 としては、例えば前記実施の形態 B 1 等で示したものが用いられ、光源 5 0 0 1 から入射した光束のうちの S 波を透過させる一方、P 波を斜め下方に回折させるようになっている。上記 S 波は、導光板 5 0 0 3 の斜辺部分で反射されて出射するようになっている。また、回折光学素子 5 0 0 2 によって回折した

10 P 波は、位相差板 5 0 0 4 を介して反射板 5 0 0 5 によって反射され、再度、位相差板 5 0 0 4 を透過することにより、P 波に変換されて出射するようになっている。すなわち、導光板 5 0 0 3 の上面からは偏光方向の揃った S 波が出射する。それゆえ、導光板 5 0 0 3 上に例えば偏光板 5 0 1 1 , 5 0 1 3 を備えた液晶表示素子 5 0

15 1 2 を配置することにより、明るく高コントラストな画像を表示させることができる。

産業上の利用可能性

20

以上に説明したように、本発明によれば、所定の温度の下に液晶と高分子前駆体とをレーザ光の 2 光束干渉光によって露光することにより、高い偏光選択性と回折効率の回折光学素子を得ることができる。また、回折光学素子による光源光の回折パターンの最適化を図

25 ることにより、高い偏光変換効率を得ることができる。これらにより、明るく高コントラストな画像を表示し得る偏光照明装置や画像

表示装置を構成することができ、広く種々の画像表示を用いる装置などの分野において有用である。

請 求 の 範 囲

(1)

光源と第1レンズアレイ及び第2レンズアレイからなるインテグ
レータと周期構造中に配向した液晶分子を含んだ複数の回折光学素
子を少なくとも具備し、前記回折光学素子は前記光源からの入射光
を光軸または光軸を含む少なくとも1つの平面に対し対称な角度で
回折させることを特徴とする偏光照明装置。

(2)

光源と第1レンズアレイ及び第2レンズアレイからなるインテグ
レータと周期構造中に配向した液晶分子を含んだ第1および第2の
回折光学素子を少なくとも具備し、前記回折光学素子は、前記光源
からの入射光を回折させる角度が光軸近傍の中央部に対し、周辺部
では小さくなるように回折光学素子の周期構造が形成されているこ
とを特徴とする偏光照明装置。

(3)

前記インテグレータより前記回折光学素子に集光される光束の幅
を a とし、光の進行方向における第1と第2の回折光学素子間の間
隔を d とするとき、前記第1の回折光学素子からの回折角 θ は、 θ
 $\geq \tan^{-1} a/d$ を満たすことを特徴とする請求項2に記載の偏
光照明装置。

(4)

光源と第1レンズアレイ及び第2レンズアレイからなるインテグ
レータと第1レンズアレイと第2レンズアレイの中間に配置された
周期構造中に配向した液晶分子を含んだ回折光学素子を少なくと
も具備し、前記第2レンズアレイは開口中心と曲率中心が一致する

レンズと開口中心と曲率中心が異なるレンズが交互に並んだレンズ群により構成されていることを特徴とする偏光照明装置。

(5)

前記回折光学素子からの透過光は開口中心と曲率中心が一致した
5 レンズ群に入射し、回折光は開口中心と曲率中心が異なるレンズ群に入射することを特徴とする請求項 4 に記載の偏光照明装置。

(6)

光源と第 1 レンズアレイ及び第 2 レンズアレイからなるインテグ
レータと周期構造中に配向した液晶分子を含んだ回折光学素子と複
10 数の $\lambda/2$ 板から成る位相板を少なくとも具備し、前記位相板上の $\lambda/2$ 板の面積が光軸近傍の中央部に対し周辺部では小さくなるように構成されていることを特徴とする偏光照明装置。

(7)

前記インテグレータから集光された複数の光束が前記位相板に入
15 射するとき、前記複数の光束の位相板上での面積と前記位相板上の $\lambda/2$ 板の面積とが概ね等しいことを特徴とする請求項 6 に記載の偏光照明装置。

(8)

前記位相板はラビングによる配向処理が施された高分子からなる
20 薄膜を形成した透明絶縁性基板で挟まれた領域に光硬化型液晶を封入し、マスクを介する光照射によって形成されたことを特徴とする請求項 6 に記載の偏光照明装置。

(9)

前記回折光学素子は入射光の 1 方向の偏波成分に対し光の回折を
25 生じ且つ前記入射光の偏波成分に対し概ね直交する成分に対しては概ね透過させる機能を有していることを特徴とする請求項 1、2、

4、6のいずれかに記載の偏光照明装置。

(10)

前記回折光学素子は液晶分子の光軸方向が周期的に異なる構造を有することを特徴とする請求項1、2、4、6のいずれかに記載の
5 偏光照明装置。

(11)

前記回折光学素子は光重合開始剤及び色素を含むことを特徴とする請求項1、2、4、6のいずれかに記載の偏光照明装置。

(12)

10 前記回折光学素子が配向した液晶を含んで構成され、且つ光重合性モノマーまたは光架橋可能性液晶ポリマーあるいはオリゴマーが添加され、紫外領域の波長の光照射に対し、液晶の分子軸の方向が固定化されたことを特徴とする請求項1、2、4、6のいずれかに記載の偏光照明装置。

15 (13)

光源と周期構造中に配向した液晶分子を含んだ回折光学素子と反射型のライトバルブと前記ライトバルブ上の光学像を拡大投写する投写光学系を少なくとも具備し、前記回折光学素子は前記光源からの入射光の1方向の偏波成分を反射し、前記入射光の偏波成分に対し概ね直交する偏波成分は前記ライトバルブに入射し、ライトバルブ上で反射された光波の1方向の偏波成分を投写光学系へと導くように構成されていることを特徴とする偏光照明装置。
20

(14)

光源と周期構造中に配向した液晶分子を含んだ回折光学素子と反射型のライトバルブと前記ライトバルブ上の光学像を拡大投写する投写光学系を少なくとも具備し、前記回折光学素子は前記光源から
25

の入射光の1方向の偏波成分を反射し、前記入射光の偏波成分に対し概ね直交する偏波成分を前記ライトバルブに入射し、ライトバルブ上で反射された光波の1方向の偏波成分を投写光学系へと導くように構成されていることを特徴とする偏光照明装置であって、前記
5 光源からの光束を概ね赤、緑、青に対応する3つの光束に色分解し、前記3つの光束に対してピッチの異なる周期構造を有する複数の回折光学素子を組み合わせることを特徴とする偏光照明装置。

(15)

前記回折光学素子は入射光の1方向の偏波成分に対し光の回折を生じ且つ前記入射光の偏波成分に対し概ね直交する成分に対しては
10 概ね透過させる機能を有していることを特徴とする請求項13、14のいずれかに記載の偏光照明装置。

(16)

前記回折光学素子は液晶分子の光軸方向が周期的に異なる構造を
15 有することを特徴とする請求項13、14に記載の偏光照明装置。

(17)

透明絶縁性基板で挟まれた領域に液晶とモノマー、オリゴマー、ポリマーの少なくとも1つ以上を含み、前記透明絶縁性基板上にレーザー光の2光束干渉による周期的な強度分布を照射し、モノマー、
20 オリゴマー、ポリマーの少なくとも1つ以上が部分的に硬化する第1の工程と前記部分的に硬化した領域に対し液晶分子が配向する第2の工程を経ることを特徴とする回折光学素子の製造方法。

(18)

前記回折光学素子は光重合開始剤及び色素を含むことを特徴とする請求項17に記載の回折光学素子の製造方法。
25

(19)

透明絶縁性基板上に高分子からなる配向処理が施された薄膜を形成し、前記薄膜上に光または熱硬化型の液晶分子を配向させた後に硬化させる第1の工程と、前記液晶分子上に高分子薄膜を形成した後に光または熱硬化型の液晶分子を前記液晶分子方向に対し概ね直交する方向に配向させるように形成する第2の工程からなり、第1と第2の工程を複数回行うことを特徴とする回折光学素子の製造方法。

(20)

透明絶縁性基板上に高分子からなる配向処理が施された薄膜を形成し、前記薄膜上に光または熱硬化型の液晶分子を配向させた後に硬化させる複数回の工程を含み、前記液晶分子の常光屈折率は概ね等しく異常光屈折率が異なる液晶分子層を交互に積層することを特徴とする回折光学素子の製造方法。

(21)

前記回折光学素子が配向した液晶分子を含んで構成され、且つ光重合性モノマーまたは光架橋可能性液晶ポリマーあるいはオリゴマーが添加され、紫外領域の波長の光照射に対し、液晶の分子軸の方向が固定化されることを特徴とする請求項19、20に記載の偏光照明装置の製造方法。

20 (22)

前記液晶分子の硬化工程は、不活性ガス雰囲気中で行われることを特徴とする請求項19、20に記載の偏光照明装置の製造方法。

(23)

透明絶縁性基板で挟まれた領域に液晶とモノマー、オリゴマー、ポリマーの少なくとも1つ以上を含み、前記透明絶縁性基板上にレーザー光の2光束干渉による周期的な強度分布を照射し、モノマー、

オリゴマー、ポリマーの少なくとも1つ以上が部分的に硬化する第1の工程と前記部分的に硬化した領域に対し液晶分子が配向する第2の工程を含み、光照射中の前記透明絶縁性基板の温度を液晶のネマティックからアイソトロピックへの転移温度（以下 N-I 点温度と略記する）の概ね $1/2$ から N-I 点より概ね 10°C 低い温度範囲に保持することを特徴とする回折光学素子の製造方法。

(2 4)

ラビングによる配向処理が施された高分子からなる薄膜を形成した透明絶縁性基板で挟まれた領域に液晶とモノマー、オリゴマー、ポリマーの少なくとも1つ以上を含み、前記透明絶縁性基板上にレーザー光の2光束干渉による周期的な強度分布を照射するとき、モノマー、オリゴマー、ポリマーの少なくとも1つ以上が部分的に硬化する第1の工程と前記部分的に硬化した領域に対し液晶分子が配向する第2の工程を含んでおり、前記液晶分子の配向方向が前記高分子薄膜に施されたラビング処理方向と概ね一致することを特徴とする回折光学素子の製造方法。

(2 5)

透明絶縁性基板で挟まれた領域に液晶とモノマー、オリゴマー、ポリマーの少なくとも1つ以上を含み、前記透明絶縁性基板上における所定の領域に概ね $1\mu\text{m} \sim 10\mu\text{m}$ のピッチの周期構造を有する光強度を照射する工程と、上記所定の領域を囲む領域に光強度を照射する工程とを有することを特徴とする回折光学素子の製造方法。

(2 6)

透明絶縁性基板で挟まれた領域に液晶とモノマー、オリゴマー、ポリマーの少なくとも1つ以上を含み、前記透明絶縁性基板上にレーザー光の2光束干渉による周期的な強度分布を照射し、モノマー、

- オリゴマー、ポリマーの少なくとも1つ以上が部分的に硬化する第1の工程と前記部分的に硬化した領域に対し液晶分子が配向する第2の工程を含むとき、さらに、光照射側と反対側の前記透明絶縁性基板上に位相板を周期的に形成する工程を有することを特徴とする
- 5 回折光学素子の製造方法。

(2 7)

前記位相板のピッチが概ね数十mm以下であることを特徴とする請求項26に記載の回折光学素子の製造方法。

(2 8)

- 10 前記回折光学素子は入射光の1方向の偏波成分に対し光の回折を生じ且つ前記入射光の1方向の偏波成分に対し概ね直交する成分に対しては概ね透過させる機能を有していることを特徴とする請求項23～26のいずれかに記載の回折光学素子の製造方法。

(2 9)

- 15 前記回折光学素子は液晶分子の光軸の傾斜からなる周期構造を有することを特徴とする請求項23～26のいずれかに記載の回折光学素子の製造方法。

(3 0)

- 20 前記回折光学素子は光重合開始剤及び色素を含むことを特徴とする請求項23～26のいずれかに記載の回折光学素子の製造方法。

(3 1)

- 25 前記回折光学素子が配向した液晶分子を含んで構成され、且つ光重合性モノマーまたは光架橋可能性液晶ポリマーあるいはオリゴマーが添加され、紫外領域の波長の光照射に対し、液晶の分子軸の方向が固定化されることを特徴とする請求項23～26のいずれかに記載の回折光学素子の製造方法。

(3 2)

請求項 2 3 ~ 2 6 のいずれかの工程を 2 つ以上組み合わせることを特徴とする回折光学素子の製造方法。

(3 3)

- 5 偏光変調素子と周期構造中に配向した液晶分子を含んだ回折光学素子とを少なくとも含んで構成されることを特徴とする画像表示装置。

(3 4)

- 前記画像表示装置は反射板を含むことを特徴とする請求項 3 3 に記載の画像表示装置。

(3 5)

前記偏光変調素子は反射電極を含むことを特徴とする請求項 3 3 に記載の画像表示装置。

(3 6)

- 15 前記画像表示装置は位相差フィルムを含むことを特徴とする請求項 3 3 に記載の画像表示装置。

(3 7)

- 前記位相差フィルムは $\lambda/4$ 板、偏光子、散乱板、偏光変換フィルムのいずれかを含むことを特徴とする請求項 3 6 に記載の画像表示装置。

(3 8)

請求項 3 3 に記載の画像表示装置において前記偏光変調素子の片側にカラーフィルタを組み合わせたことを特徴とする画像表示装置。

(3 9)

- 25 透明絶縁性基板で挟まれた領域に液晶とモノマー、オリゴマー、ポリマーの少なくとも 1 つ以上を含み、前記透明絶縁性基板上にレ

ーザ光の2光束干渉による周期的な強度分布を照射し、モノマーオリゴマー、ポリマーの少なくとも1つ以上が部分的に硬化する第1の工程と前記部分的に硬化した領域に対し液晶分子が配向する第2の工程を含むとき、光照射側と反対側の絶縁性基板は前記レーザー光を概ね吸収する基板上に設置されていることを特徴とする回折光学素子の製造方法。

(40)

透明絶縁性基板で挟まれた領域に液晶とモノマー、オリゴマーポリマーの少なくとも1つ以上を含み、前記透明絶縁性基板上にレーザー光の2光束干渉による周期的な強度分布を照射し、モノマー、オリゴマー、ポリマーの少なくとも1つ以上が部分的に硬化する第1の工程と、前記部分的に硬化した領域に対し液晶分子が配向する第2の工程を含むとき、光照射側の透明絶縁性基板上に所定の入射角度範囲内より入射する光束を散乱せしめ、かつ前記所定の入射角度範囲外より入射する光束を概ね透過せしめる散乱異方性を有するフィルムを配置し、反対側の透明絶縁性基板は前記レーザー光を概ね吸収する基板上に設置されていることを特徴とする回折光学素子の製造方法。

(41)

前記透明絶縁性基板は概ね数十～数百 μm の厚さを有することを特徴とする請求項39または40のいずれかに記載の回折光学素子の製造方法。

(42)

前記回折光学素子上に照射されるレーザー光は収束光または発散光を含んでいることを特徴とする請求項39または40のいずれかに記載の回折光学素子の製造方法。

(4 3)

前記回折光学素子は入射光の 1 方向の偏波成分に対し光の回折を生じ且つ前記入射光の 1 方向の偏波成分に対し概ね直交する成分に対しては概ね透過させる機能を有していることを特徴とする請求項 5 3 9 または 4 0 に記載の回折光学素子の製造方法。

(4 4)

前記回折光学素子は液晶分子の光軸の傾斜からなる周期構造を有することを特徴とする請求項 4 3 に記載の回折光学素子の製造方法。

(4 5)

10 前記回折光学素子が配向した液晶分子を含んで構成され、且つ光重合性モノマーまたは光架橋可能性液晶ポリマーあるいはオリゴマーが添加され、紫外領域の波長の光照射に対し、液晶の分子軸の方向が固定化されることを特徴とする請求項 3 0 または 4 0 のいずれかに記載の回折光学素子の製造方法。

15 (4 6)

前記回折光学素子は光重合開始剤及び色素を含むことを特徴とする請求項 3 9 または 4 0 のいずれかに記載の回折光学素子の製造方法。

(4 7)

20 前記回折光学素子は複数の異なった周期構造が重畳して形成された構造を含むことを特徴とする請求項 3 9 または 4 0 のいずれかに記載の回折光学素子の製造方法。

(4 8)

25 前記回折光学素子は複数の異なった周期構造の回折光学素子の積層構造を含むことを特徴とする請求項 3 9 または 4 0 のいずれかに記載の回折光学素子の製造方法。

(4 9)

請求項 3 3 に記載の画像表示装置により構成したことを特徴とする携帯情報端末装置。

(5 0)

- 5 請求項 3 3 に記載の画像表示装置により構成したことを特徴とするヘッドアップディスプレイ。

(5 1)

請求項 3 9 または 4 0 記載の製造方法により作製された回折光学素子を用いたことを特徴とする請求項 3 3 に記載の画像表示装置。

- 10 (5 2)

光源と周期構造中に配向した液晶分子を含んだ回折光学素子と位相板と導光板とを少なくとも含んで構成されることを特徴とする偏光照明装置。

(5 3)

- 15 前記回折光学素子は入射光の 1 方向の偏波成分に対し光の回折を生じ且つ前記入射光の 1 方向の偏波成分に対し概ね直交する成分に対しては概ね透過させる機能を有していることを特徴とする請求項 5 2 に記載の偏光照明装置。

(5 4)

- 20 前記回折光学素子は液晶分子の光軸の傾斜からなる周期構造を有することを特徴とする請求項 5 2 に記載の偏光照明装置。

(5 5)

- 25 前記回折光学素子が配向した液晶分子を含んで構成され、且つ光重合性モノマーまたは光架橋可能性液晶ポリマーあるいはオリゴマーが添加され、紫外領域の波長の光照射に対し、液晶の分子軸の方向が固定化されたことを特徴とする請求項 5 2 に記載の偏光照明装

置。

(5 6)

前記回折光学素子は光重合開始剤及び色素を含むことを特徴とする請求項 5 2 に記載の偏光照明装置。

5 (5 7)

前記回折光学素子は複数の異なった周期構造が重畳して形成された構造を含むことを特徴とする請求項 5 2 に記載の偏光照明装置。

(5 8)

前記回折光学素子は複数の異なった周期構造の回折光学素子の積
10 層構造を含むことを特徴とする請求項 5 2 に記載の偏光照明装置。

(5 9)

透明絶縁性基板で挟まれた領域に液晶とモノマー、オリゴマー、
ポリマーの少なくとも 1 つ以上を含み、前記透明絶縁性基板上に複
数の領域に分割されたマスクを介してレーザ光の 2 光束干渉による
15 周期的な強度分布を照射した後、前記マスクと反転したパターンを
有するマスクを介して均一な光照射を行うことを特徴とする回折光
学素子の製造方法。

(6 0)

前記回折光学素子は入射光の 1 方向の偏波成分に対し光の回折を
20 生じ且つ前記入射光の 1 方向の偏波成分に対し概ね直交する成分に
対しては概ね透過させる機能を有していることを特徴とする請求項
5 9 に記載の回折光学素子の製造方法。

(6 1)

前記回折光学素子は液晶分子の光軸の傾斜からなる周期構造を有
25 することを特徴とする請求項 5 9 に記載の回折光学素子の製造方法。

(6 2)

前記回折光学素子は光重合開始剤及び色素を含むことを特徴とする請求項 59 に記載の回折光学素子の製造方法。

(6 3)

5 前記回折光学素子が配向した液晶分子を含んで構成され、且つ光重合性モノマーまたは光架橋可能性液晶ポリマーあるいはオリゴマーが添加され、紫外領域の波長の光照射に対し、液晶の分子軸の方向が固定化されることを特徴とする請求項 59 に記載の回折光学素子の製造方法。

(6 4)

10 透明絶縁性基板で挟まれた領域に液晶とモノマー、オリゴマー、ポリマーの少なくとも 1 つ以上を含み、前記透明絶縁性基板上にレーザー光の 2 光束干渉による周期的な強度分布を照射し、モノマー、オリゴマー、ポリマーの少なくとも 1 つ以上が部分的に硬化する第 1 の工程と前記部分的に硬化した領域に対し液晶分子が配向する第 15 2 の工程とを経て形成されたことを特徴とする回折光学素子。

(6 5)

前記第 2 の工程における液晶分子の配向方向が、前記第 1 の工程における前記部分的に硬化した部分の壁面にほぼ垂直な方向であることを特徴とする請求項 64 に記載の回折光学素子。

20 (6 6)

前記透明絶縁性基板への前記レーザー光の照射が、所定の温度に加熱された状態で行われることにより形成されたことを特徴とする請求項 64 に記載の回折光学素子。

(6 7)

25 前記所定の温度が、液晶のネマティックからアイソトロピックへの転移温度（以下 N-I 点温度と略記する）の概ね $1/2$ から N-I

点より概ね 10 °C 低い温度範囲であることを特徴とする請求項 66 に記載の回折光学素子。

(6 8)

請求項 1 の偏光照明装置であって、前記回折光学素子は、光軸を
5 含み互いに直交する 2 本の直線を境界とする 4 つの領域に分割され、
互いに対向する上記領域が、それぞれ、前記光源からの入射光を光
軸を含む平面に対し対称な角度で回折させることを特徴とする偏光
照明装置。

図1

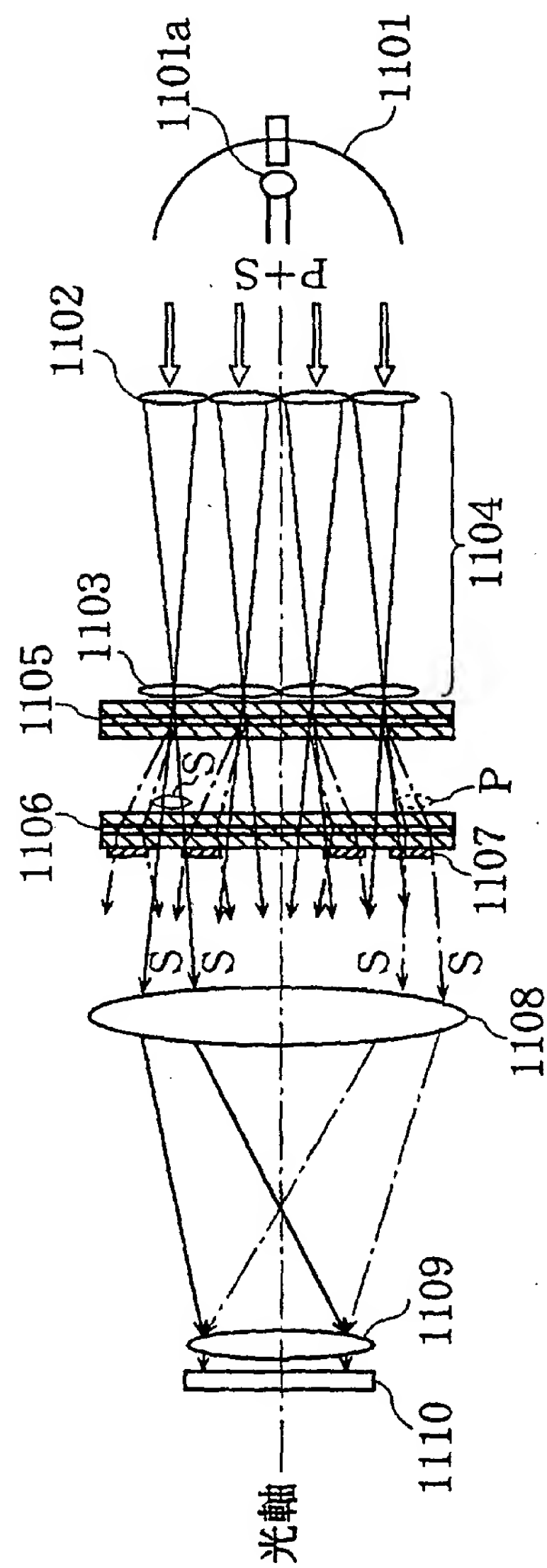


図2

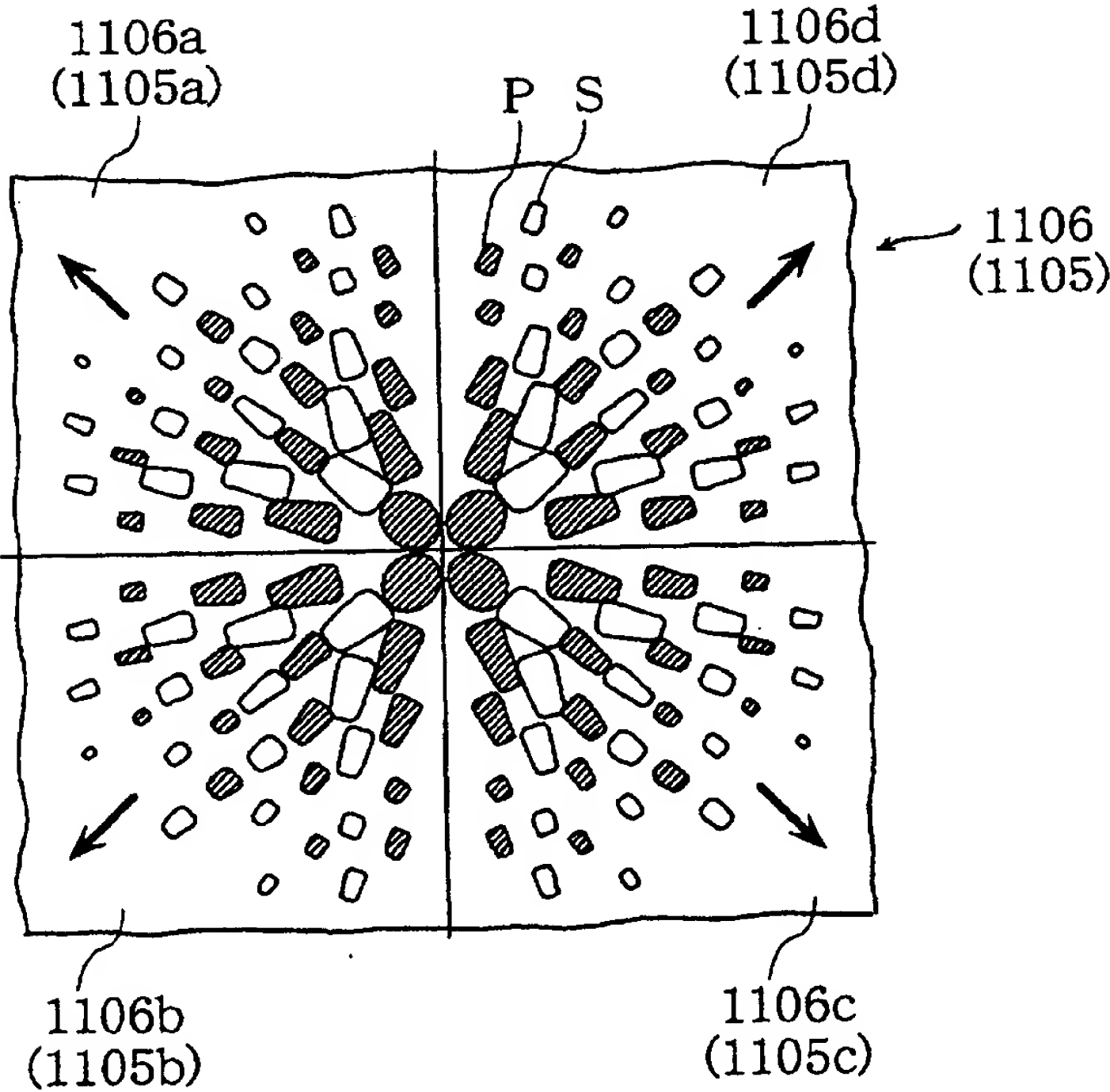


図3

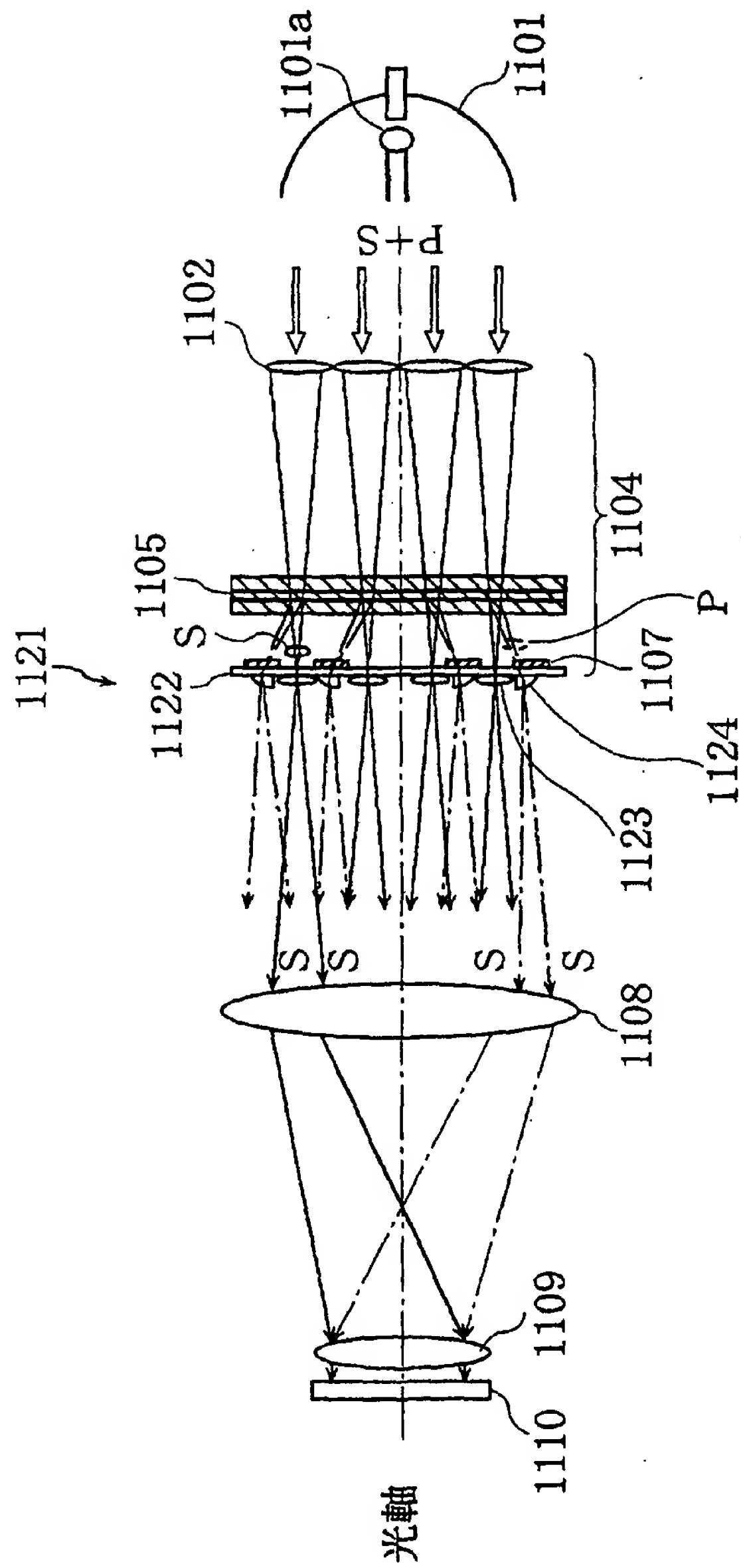


図4

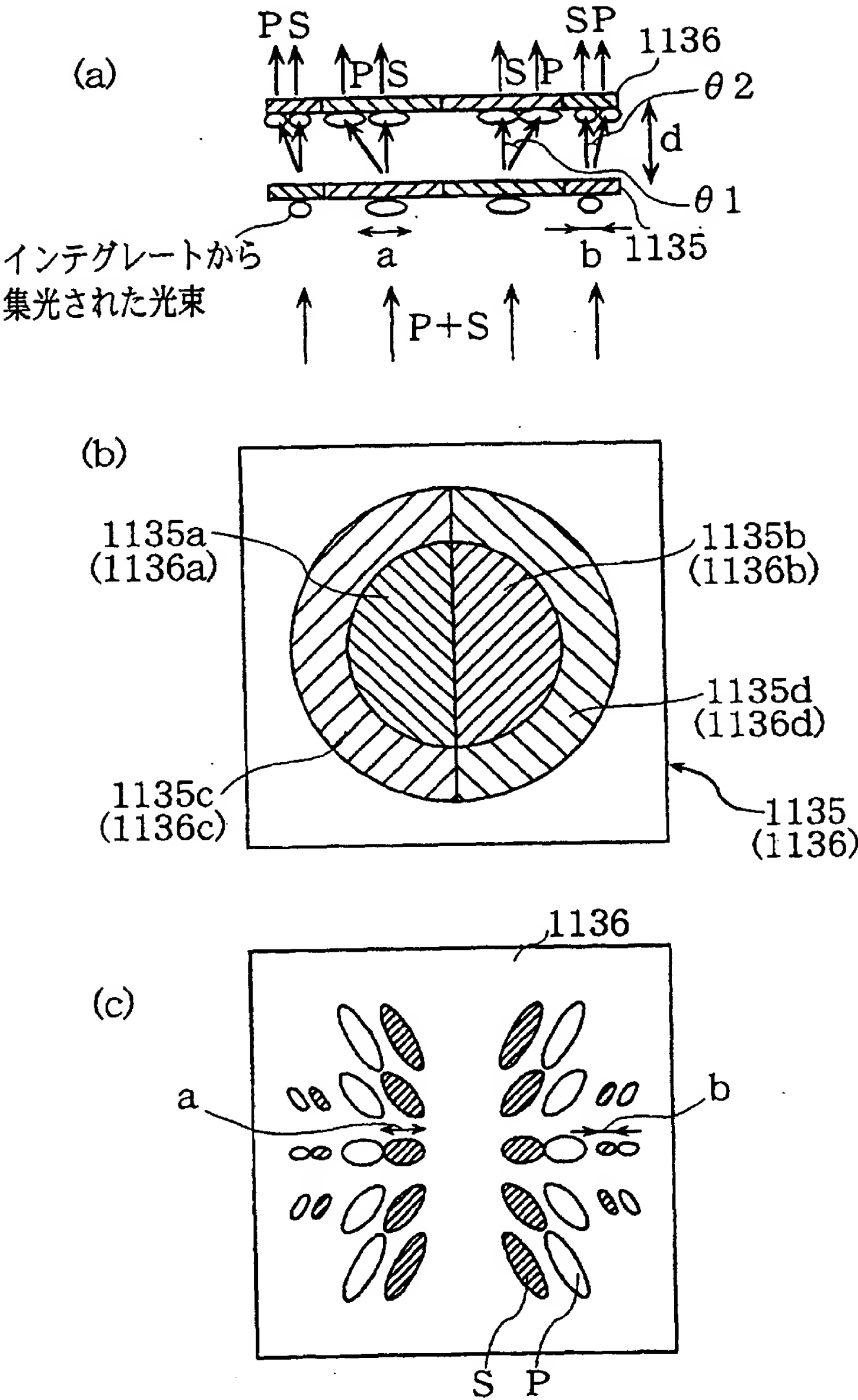


図5

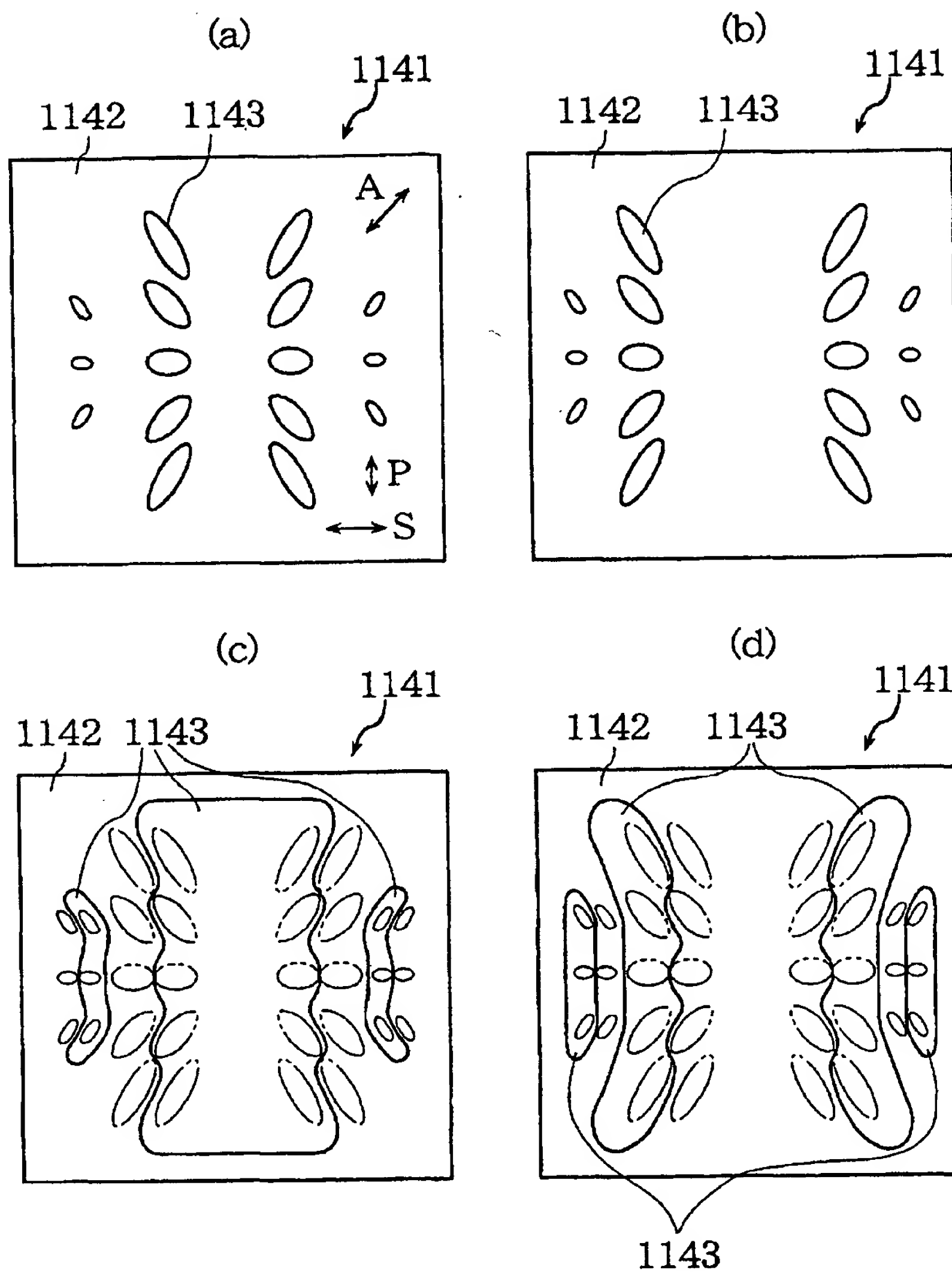


図6

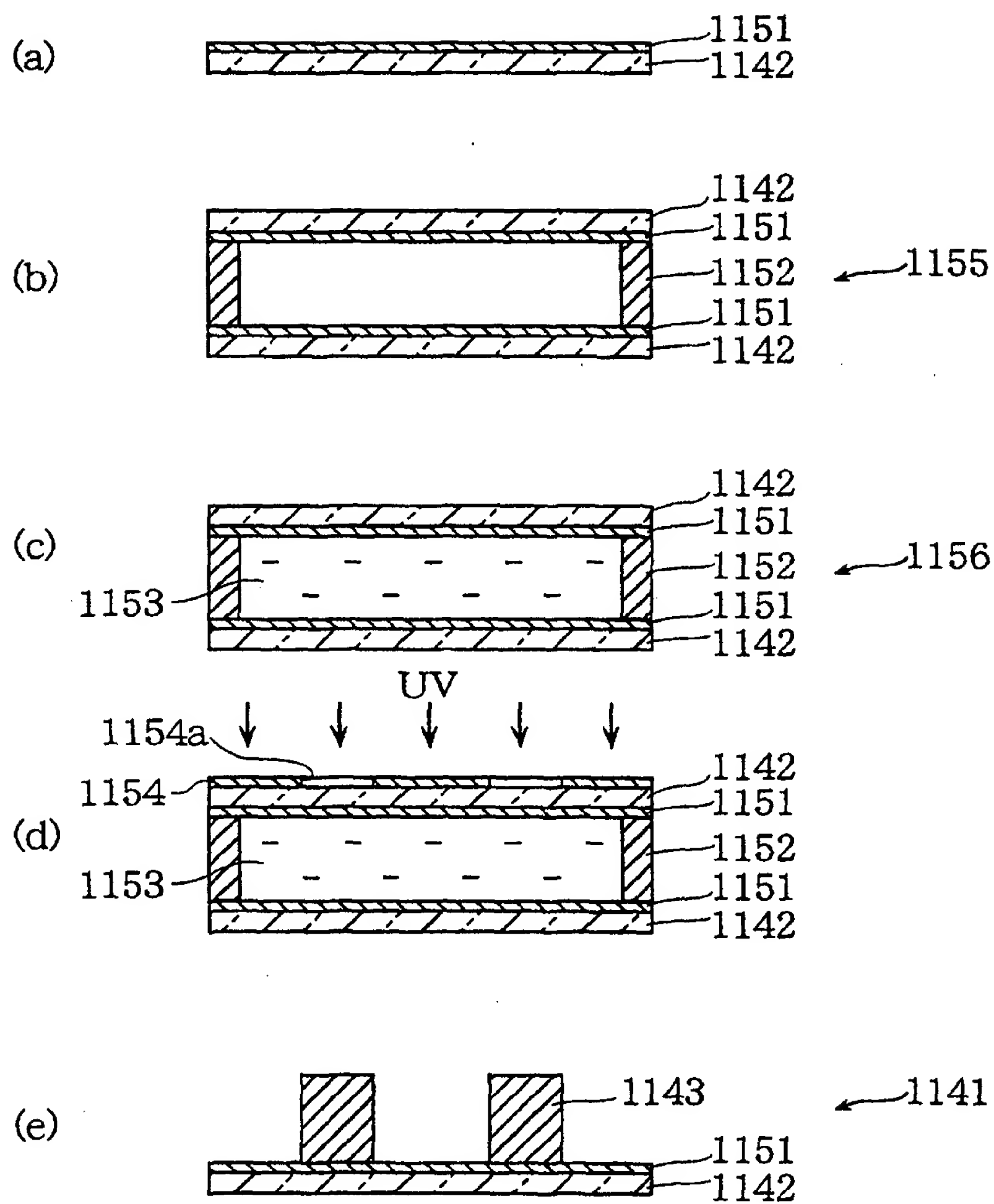


図7

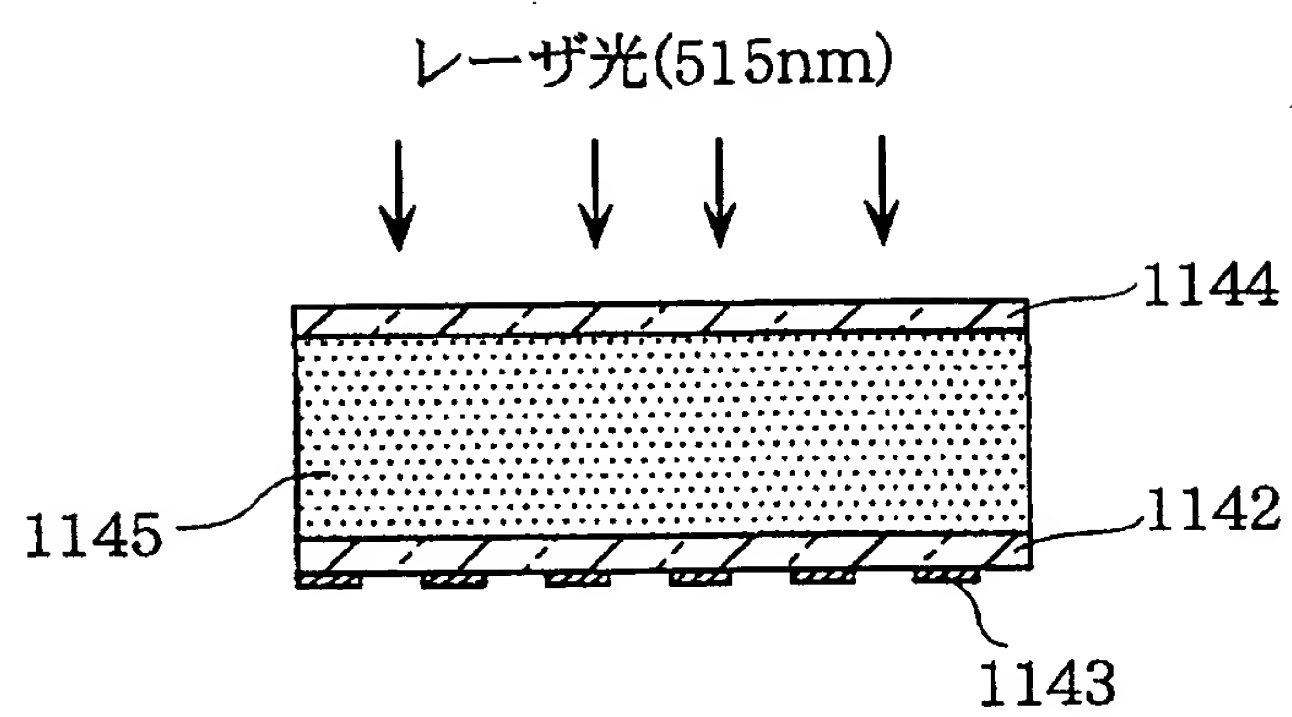


図8

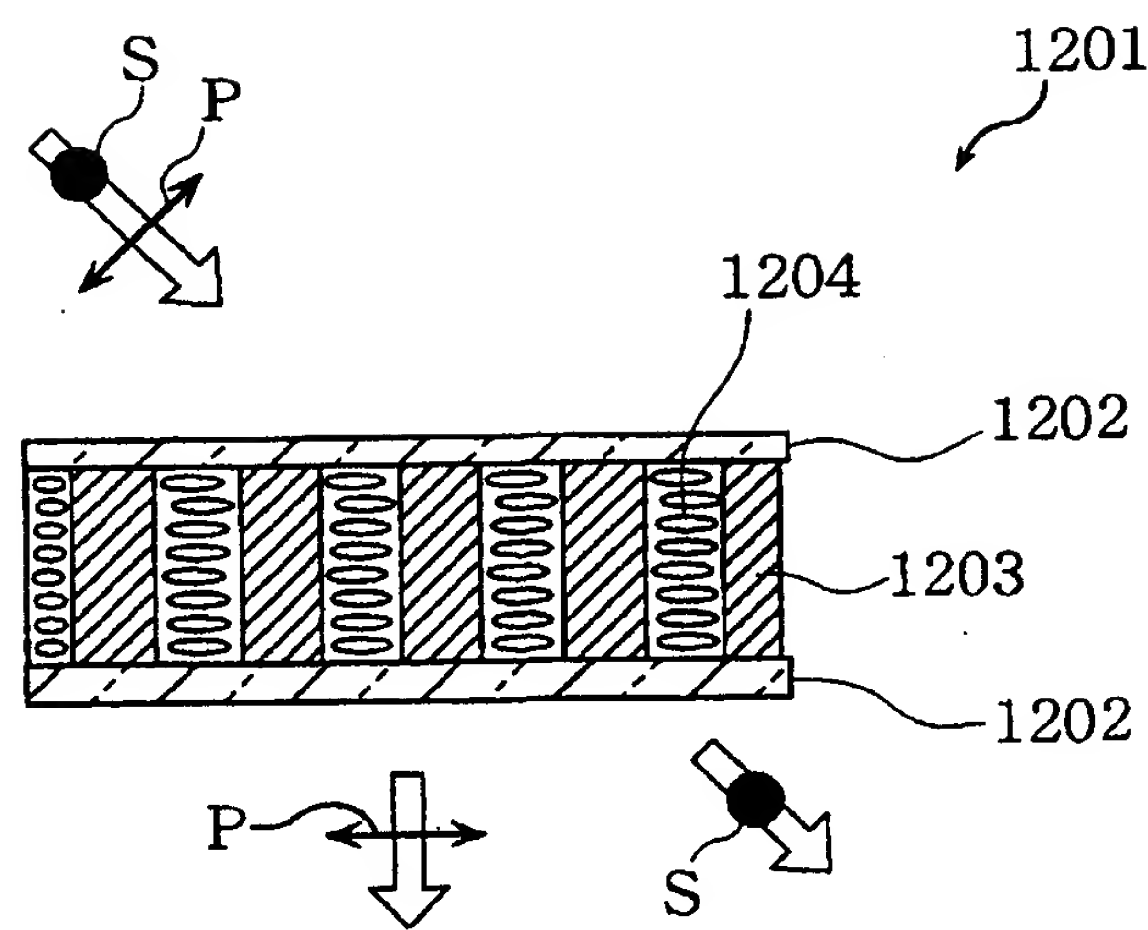


图9

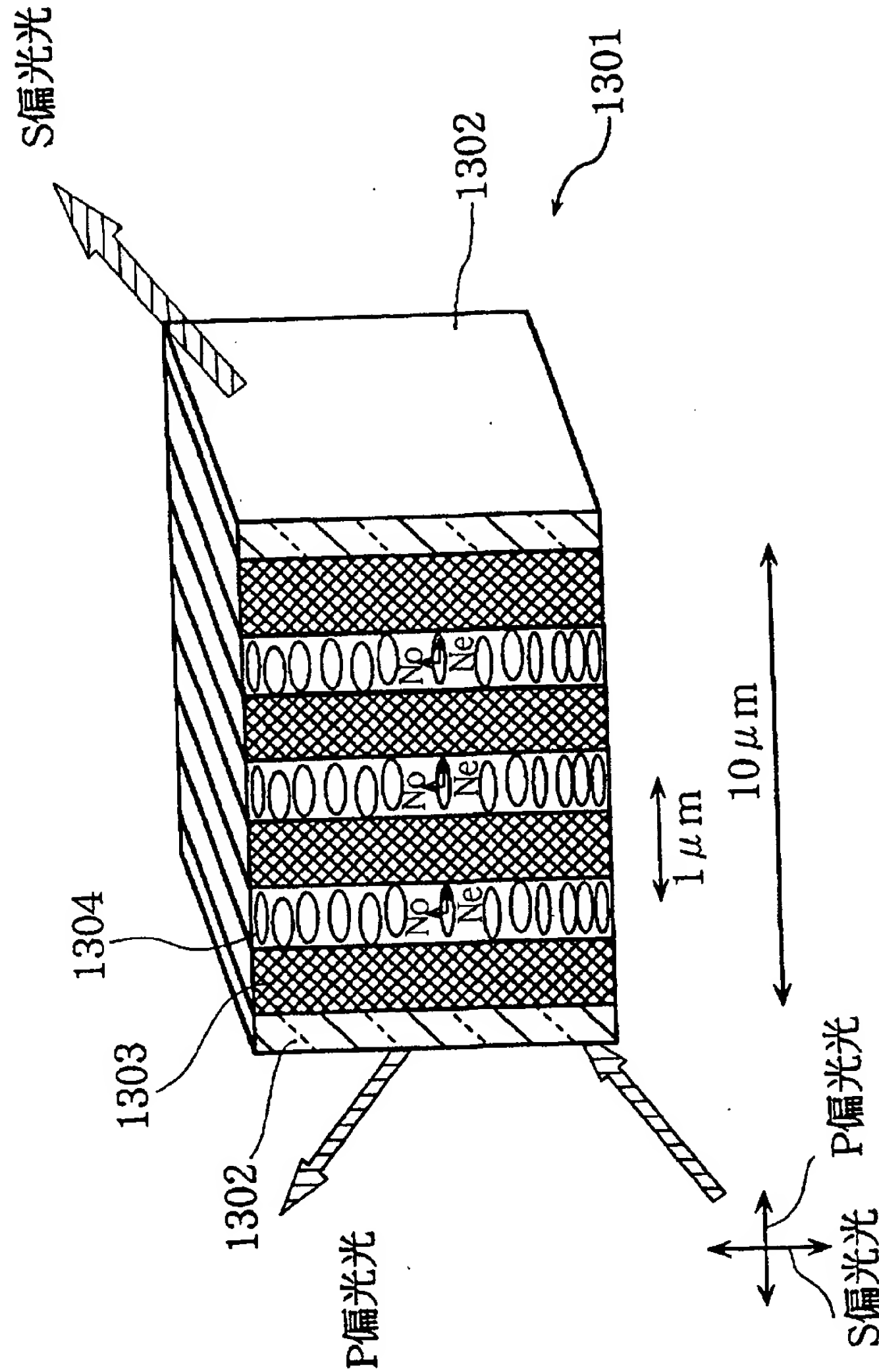


図10

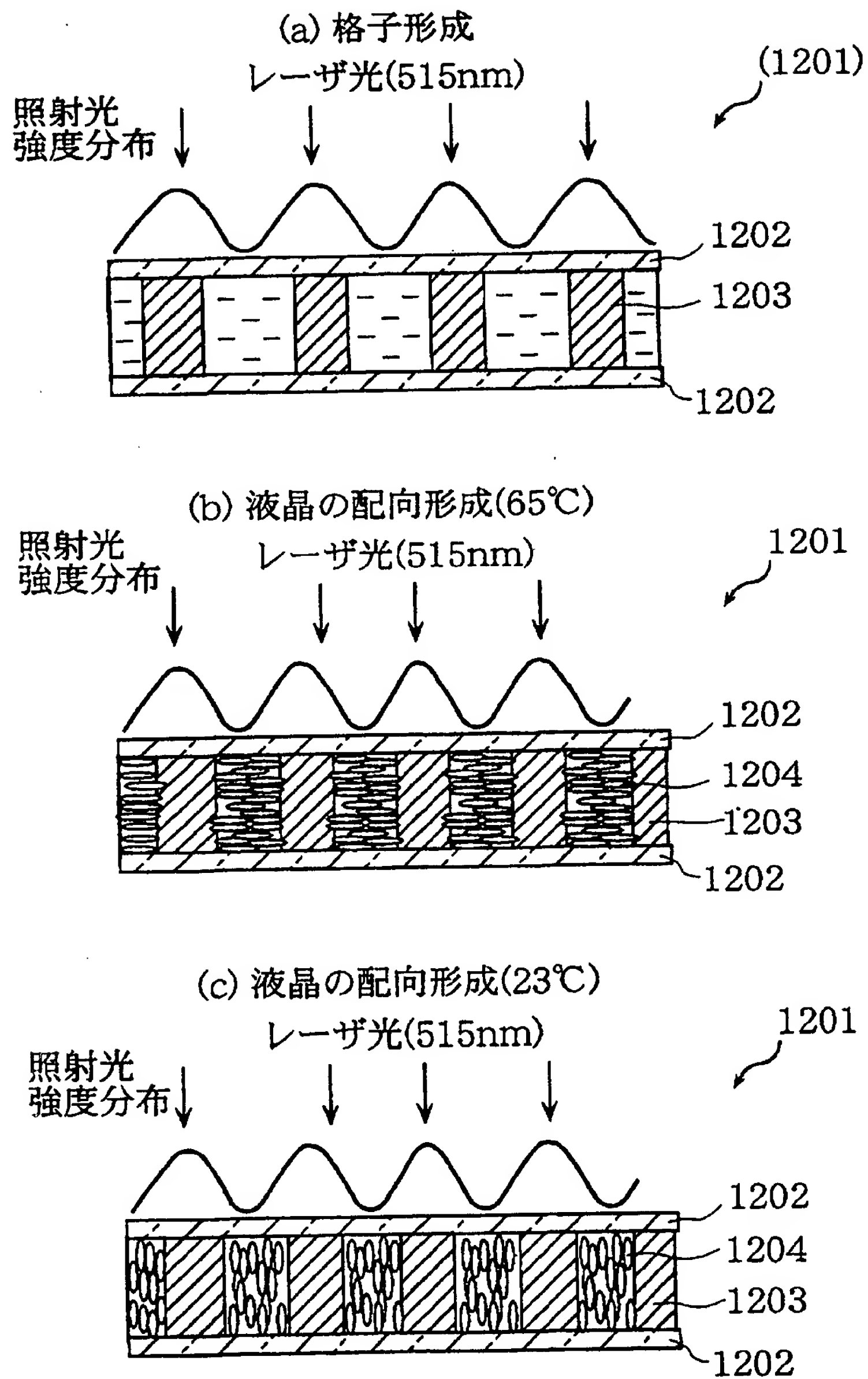


図11

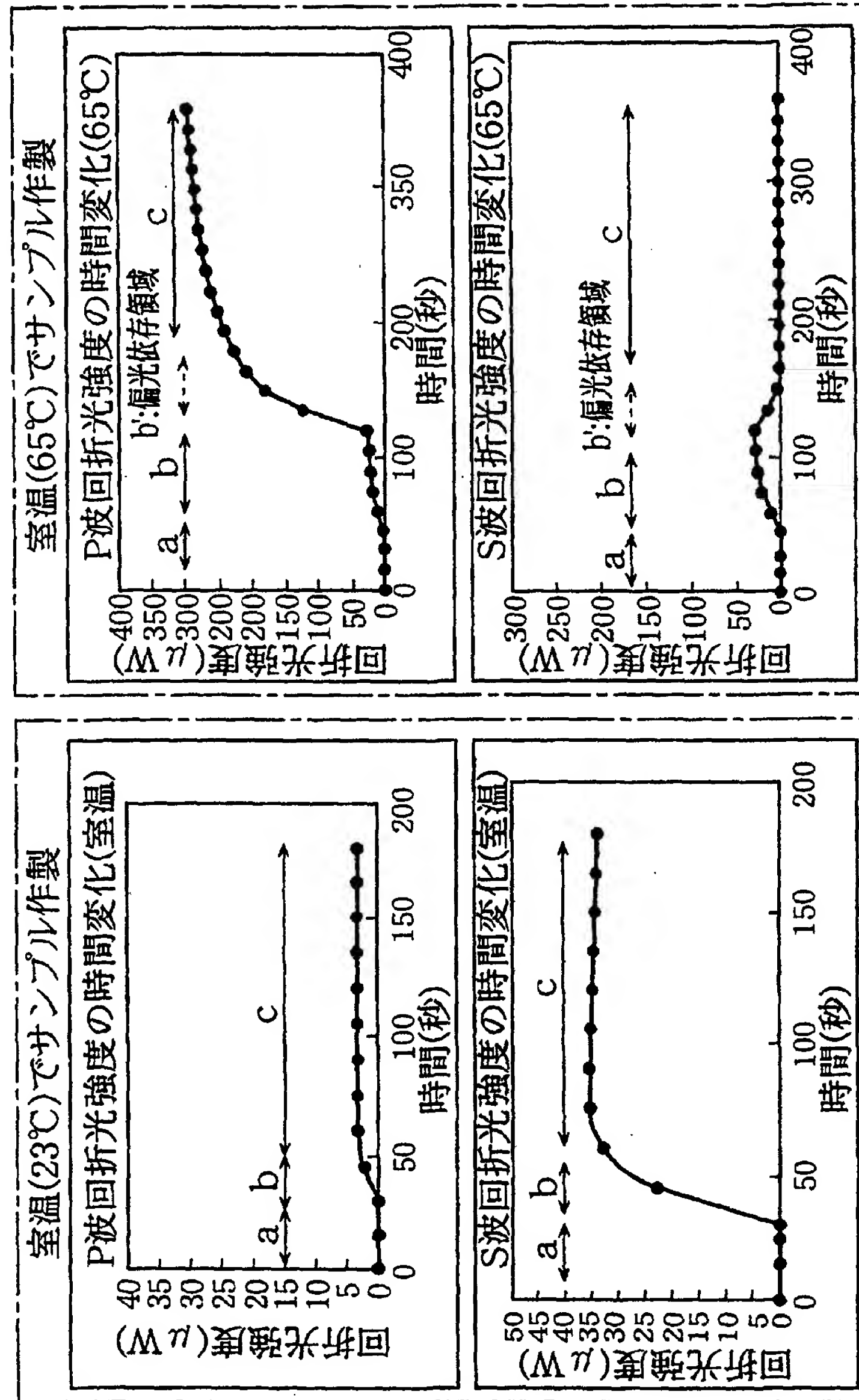


図12

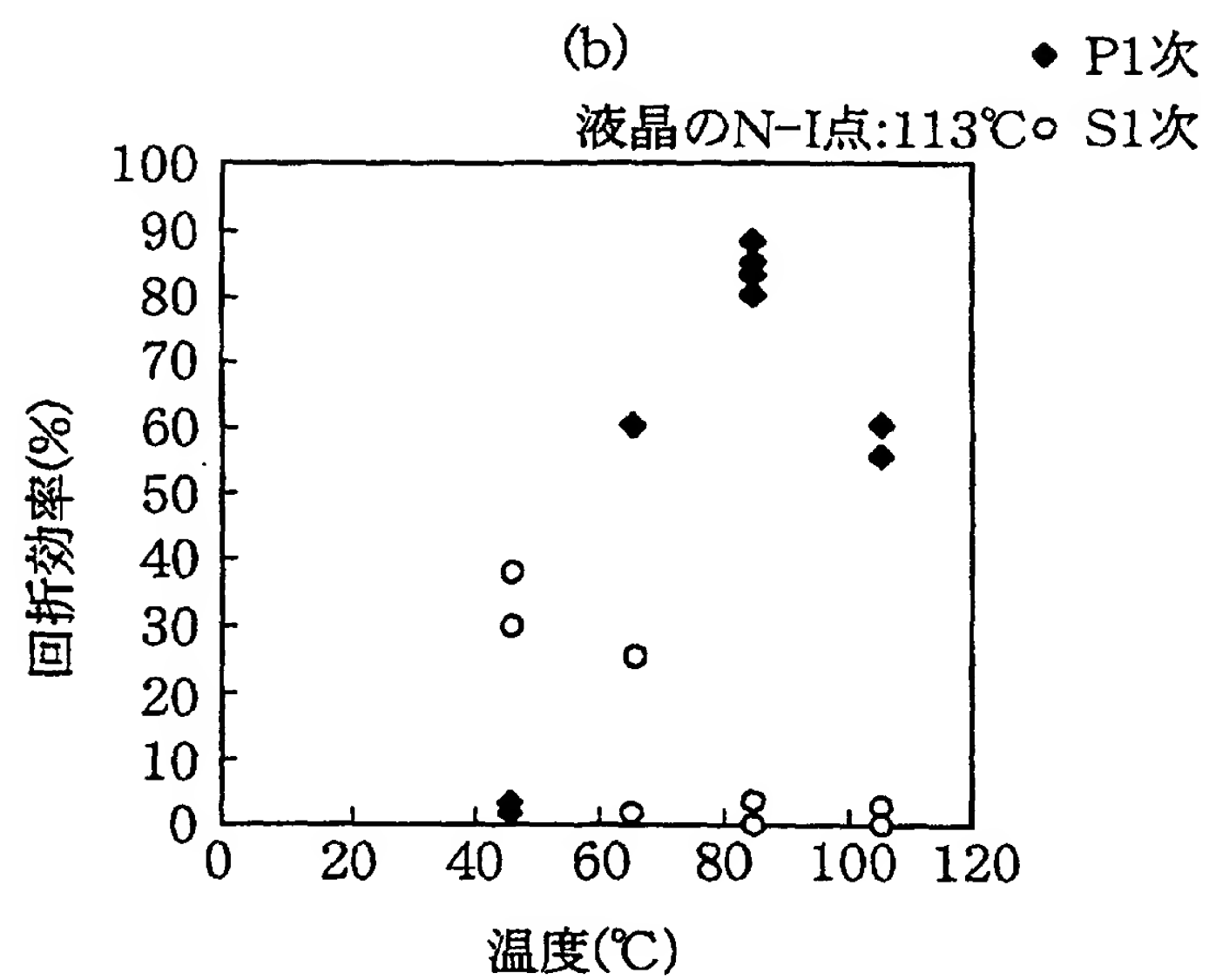
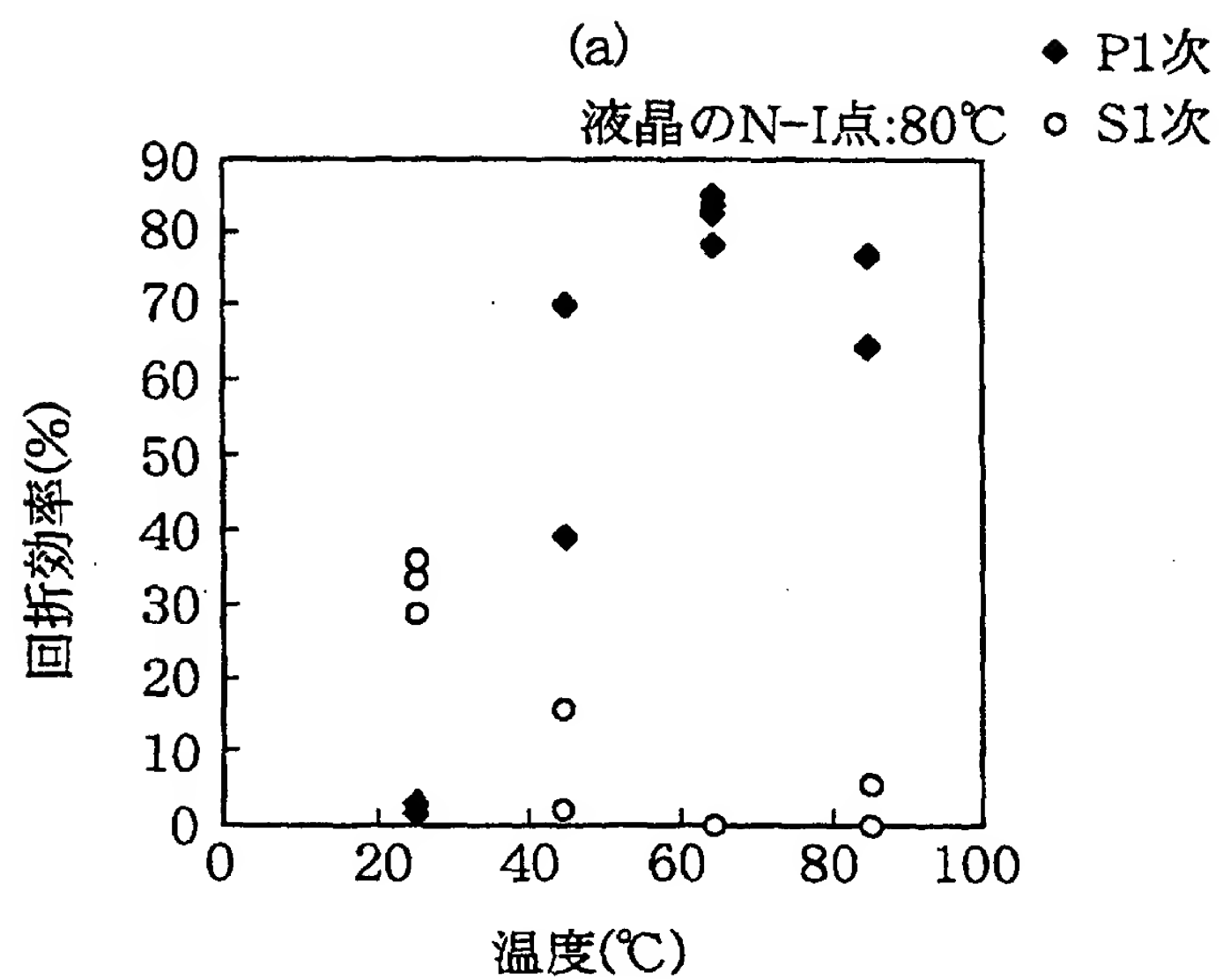


図13

回折効率の温度特性結果

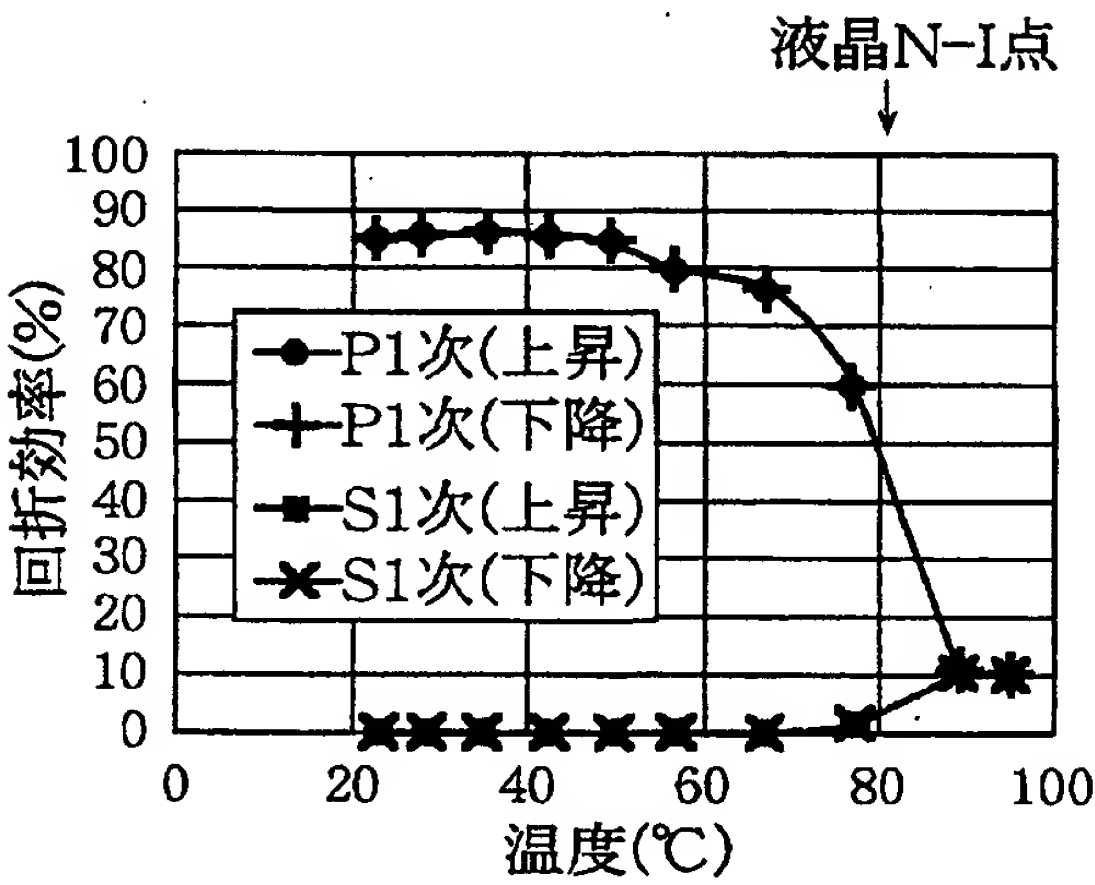
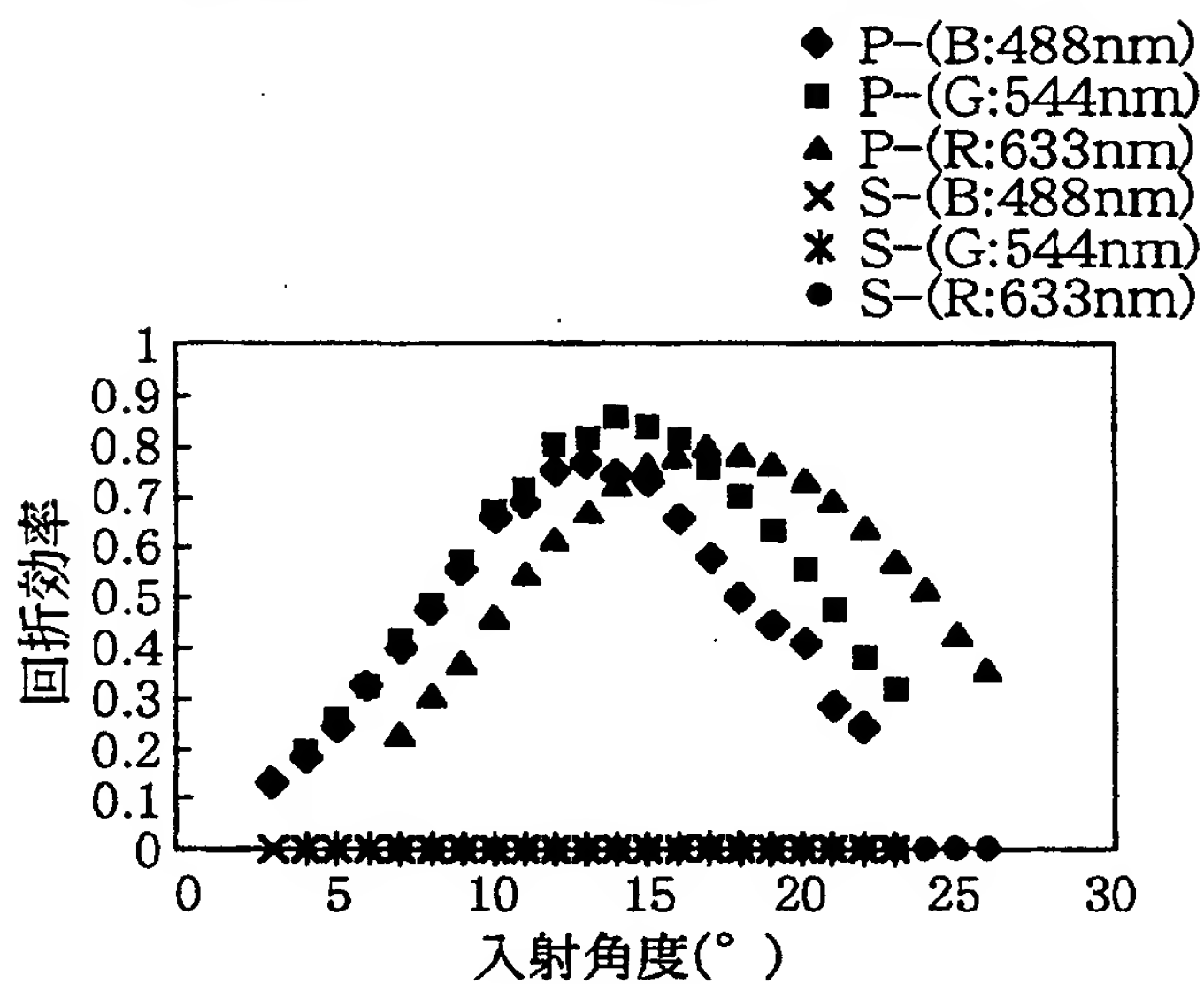


図14

(a) 液晶ホログラム回折効率の角度依存性



(b) 液晶ホログラム回折効率の角度依存性(白色平行光)

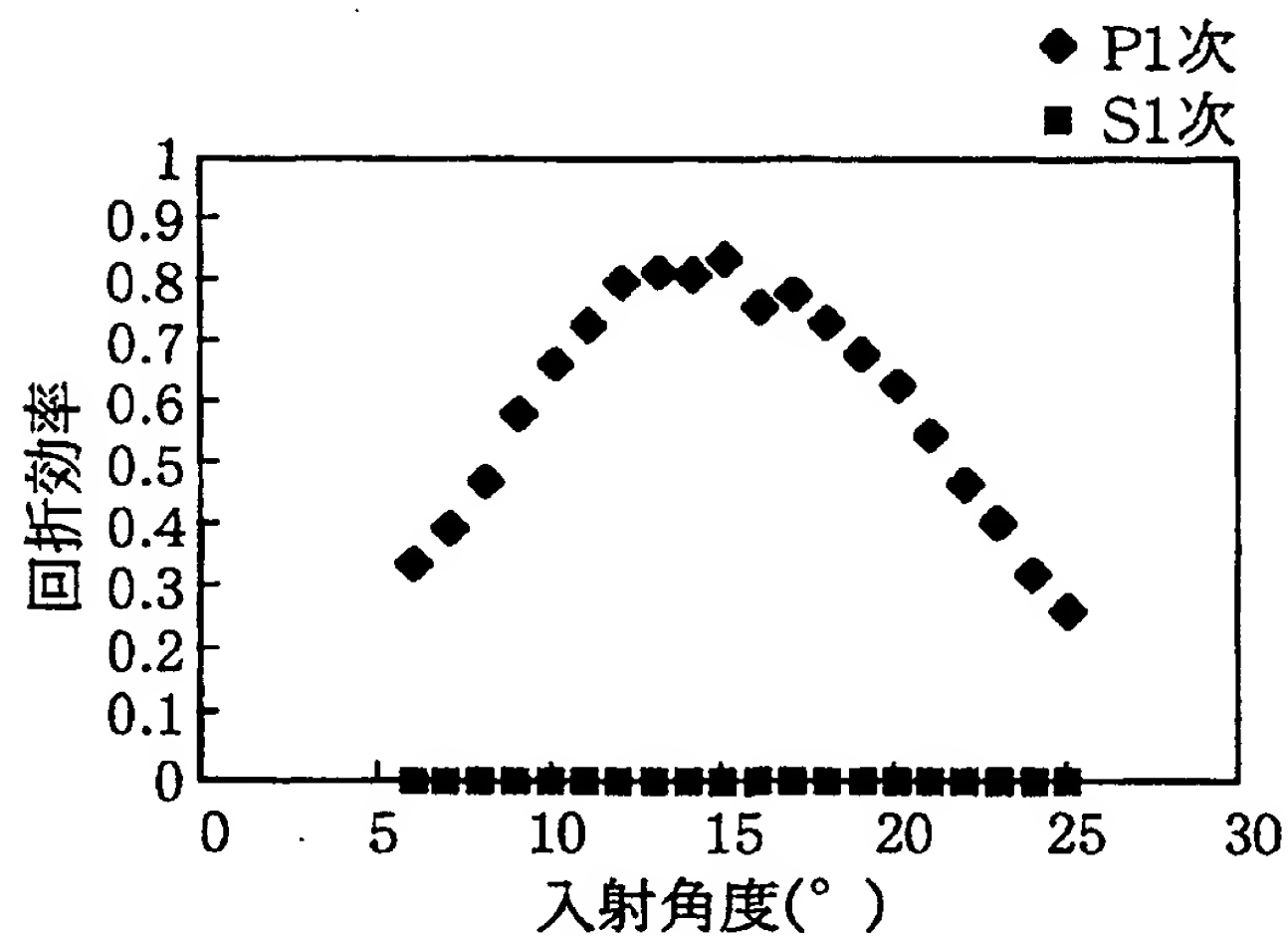


図15

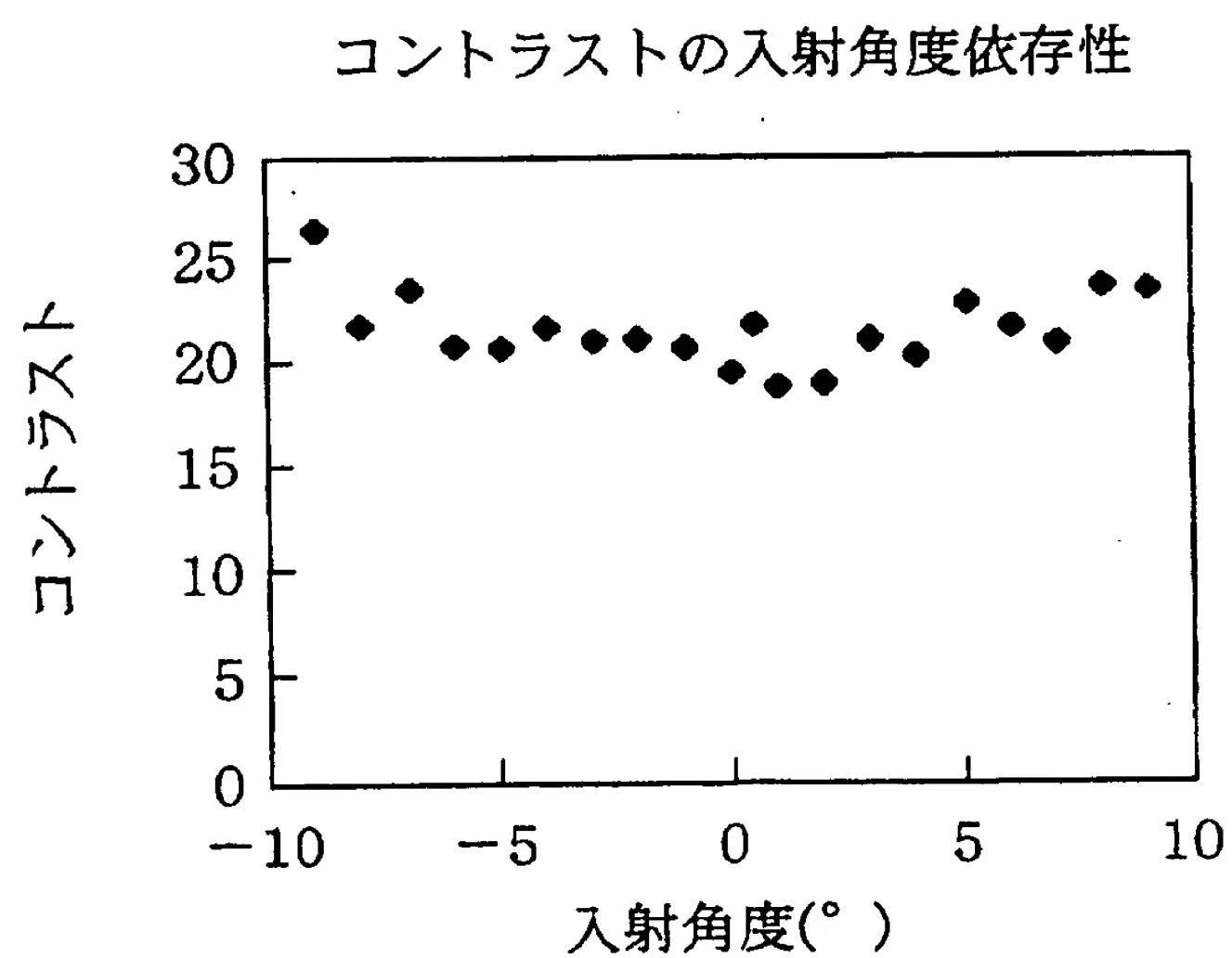


图16

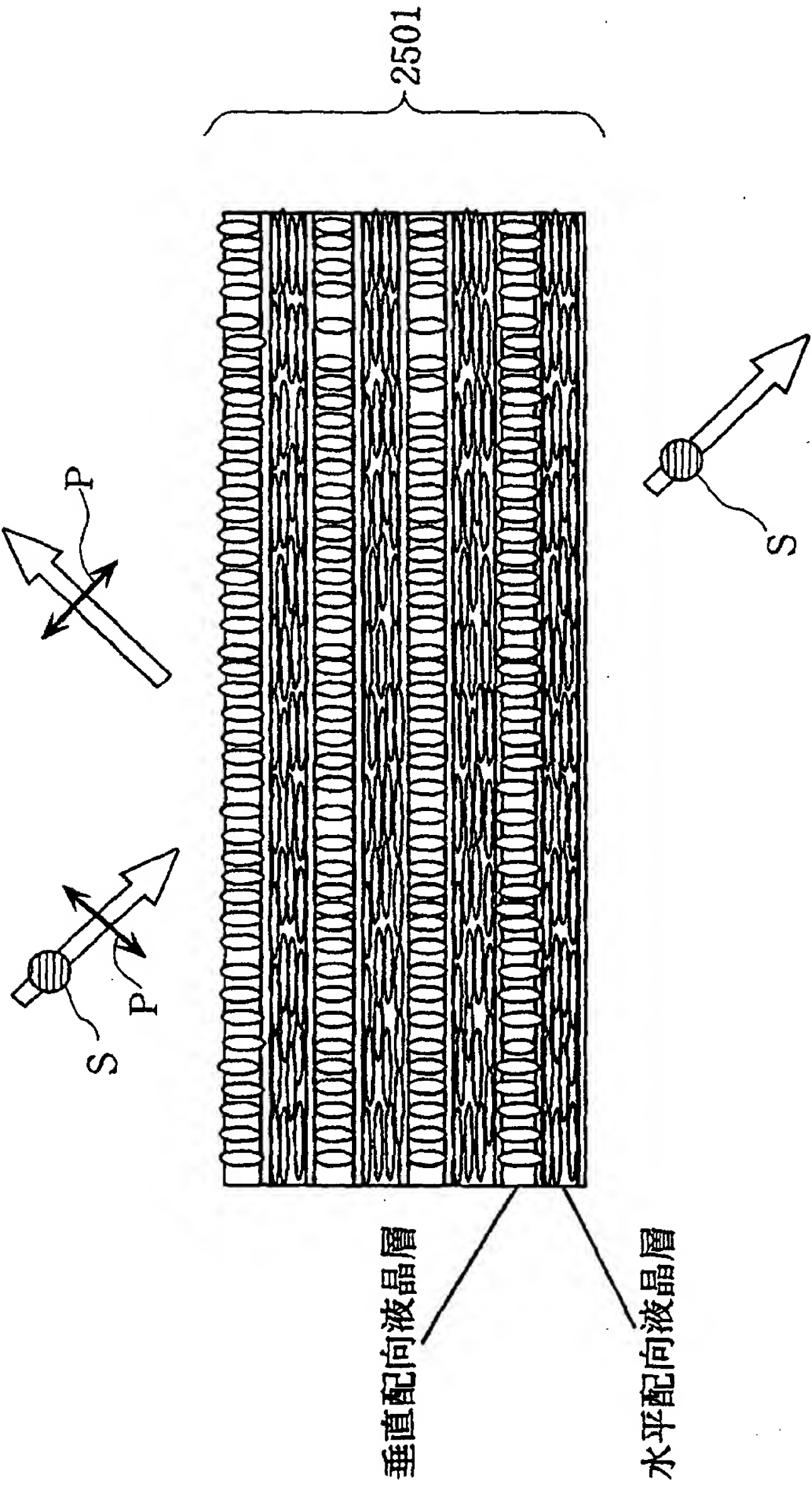


図17

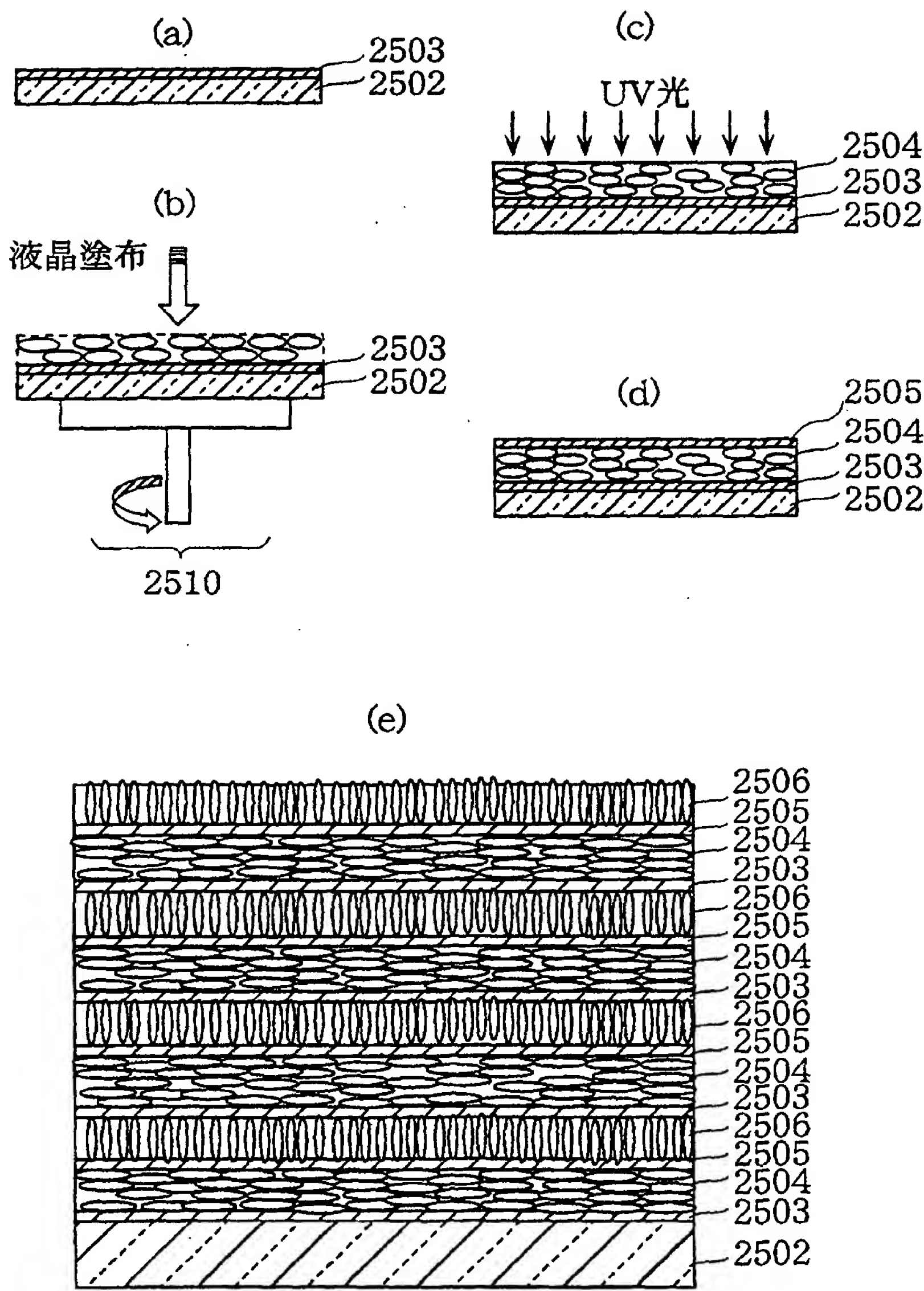


図18

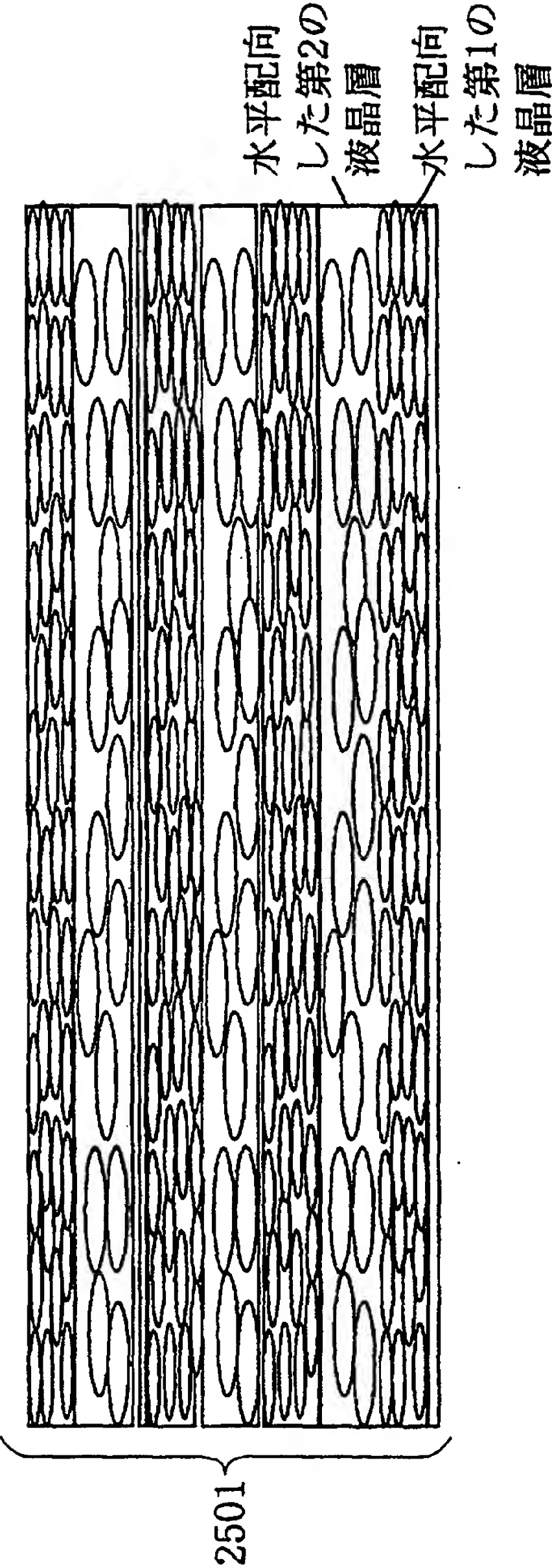


図19

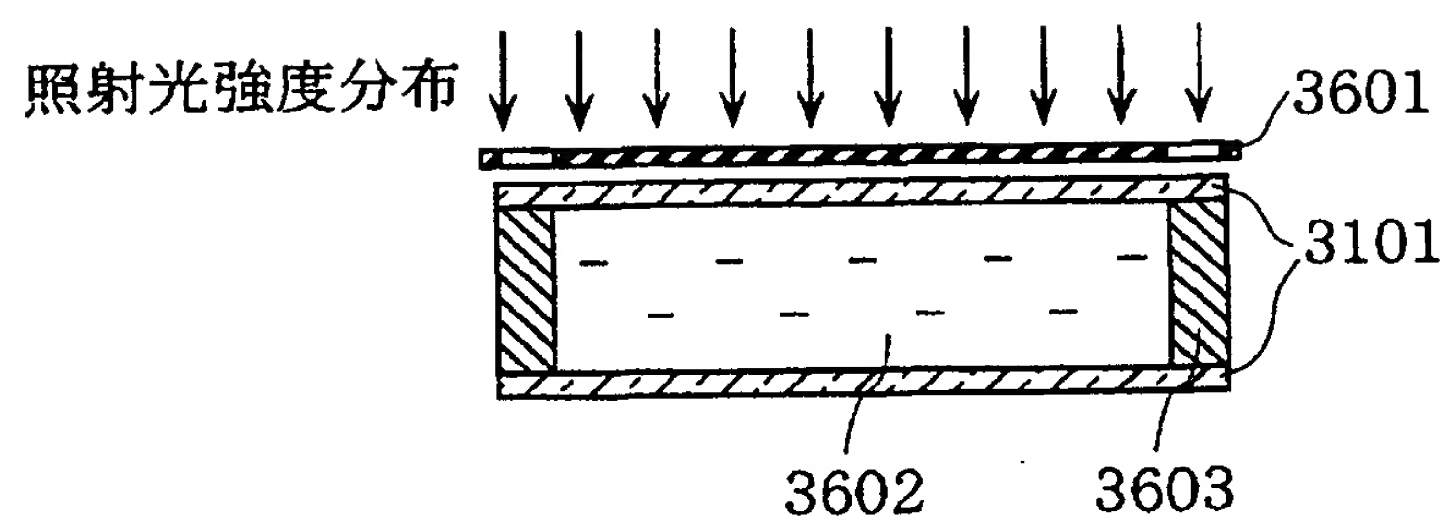


図20

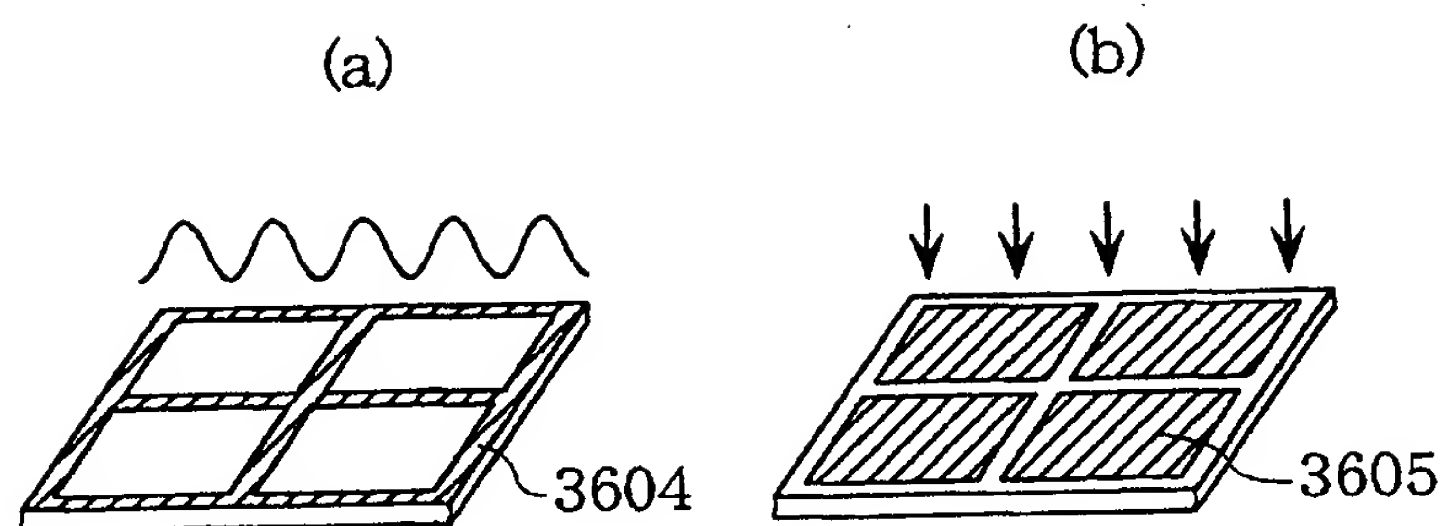


図21

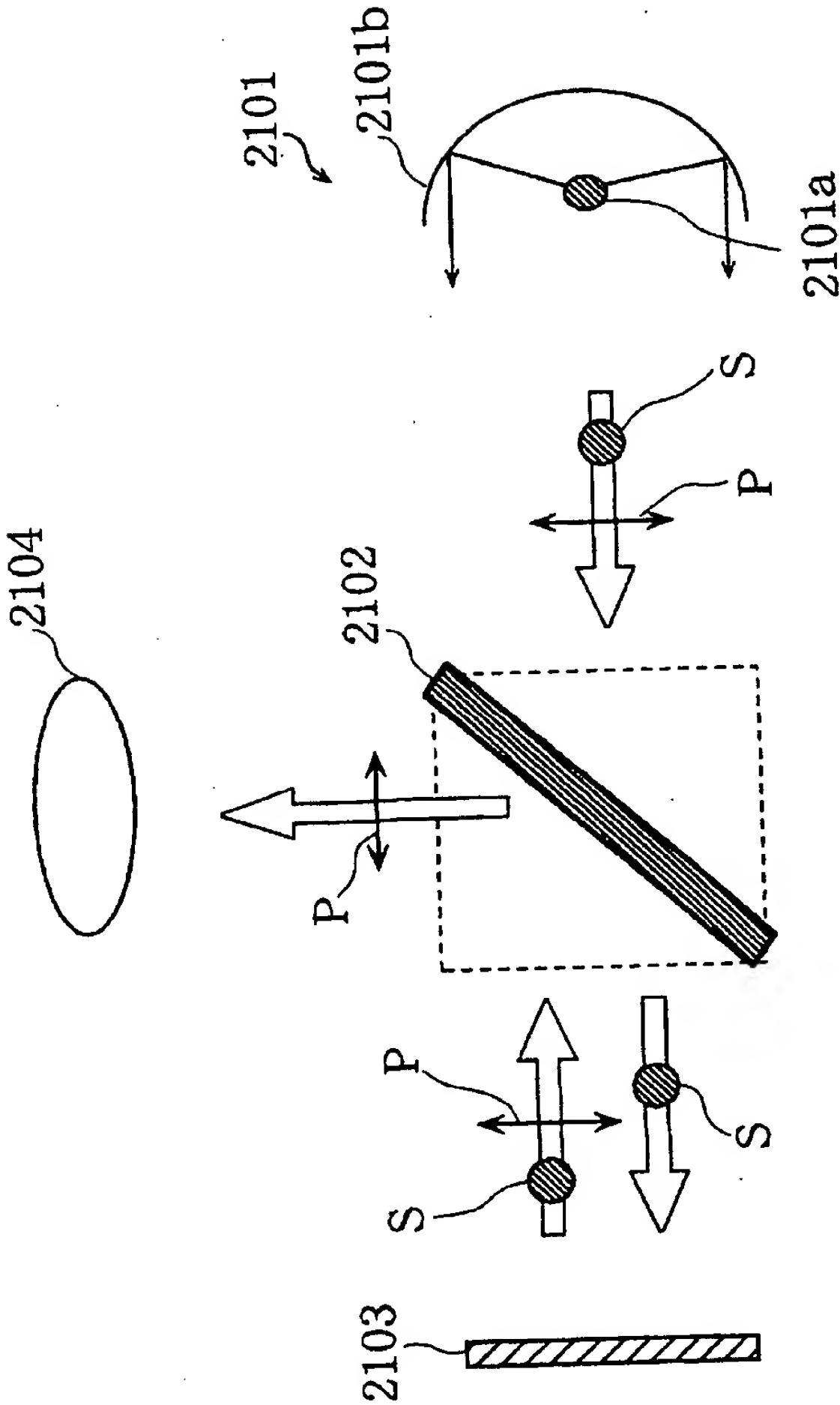


図22

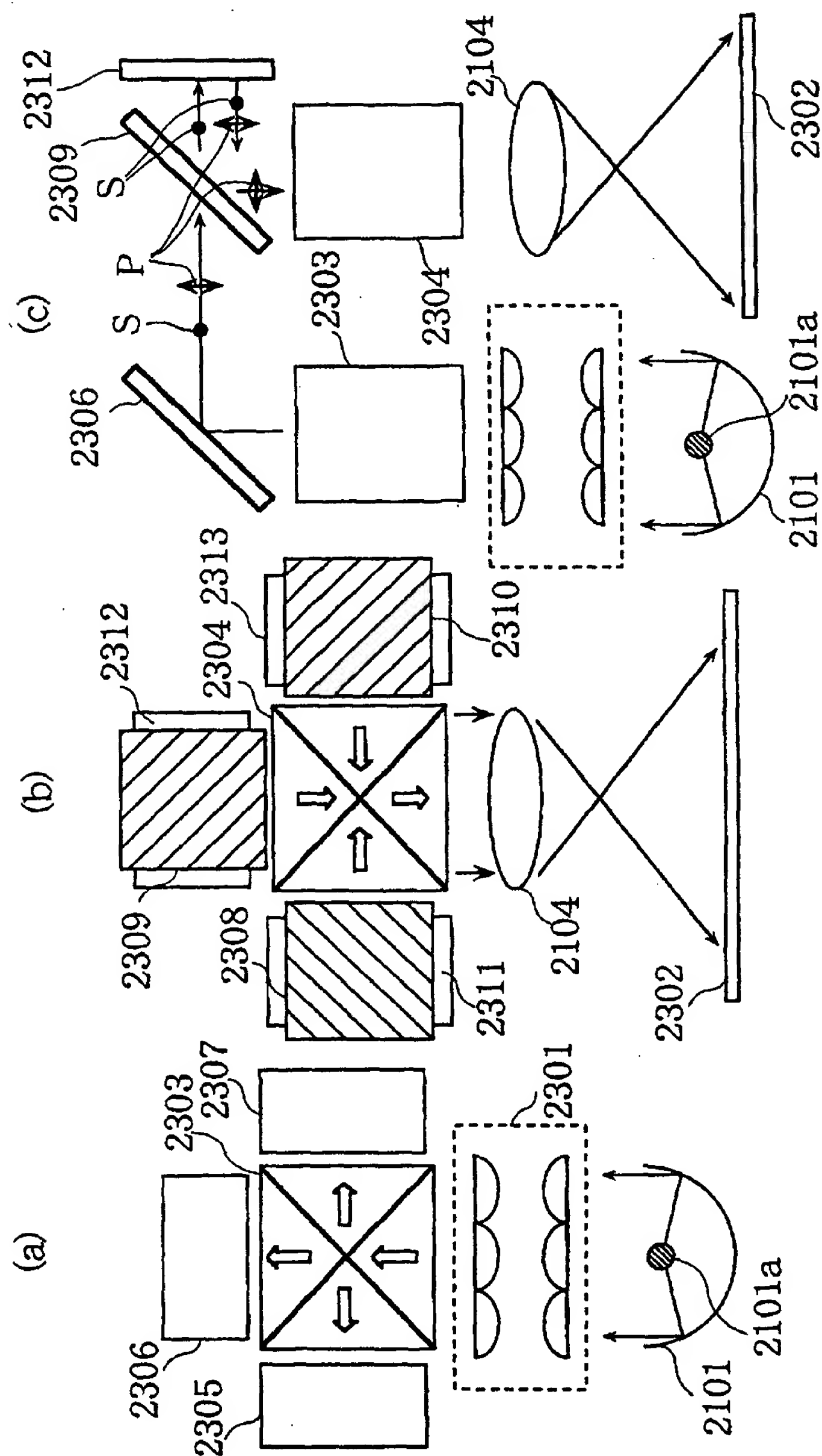


図23

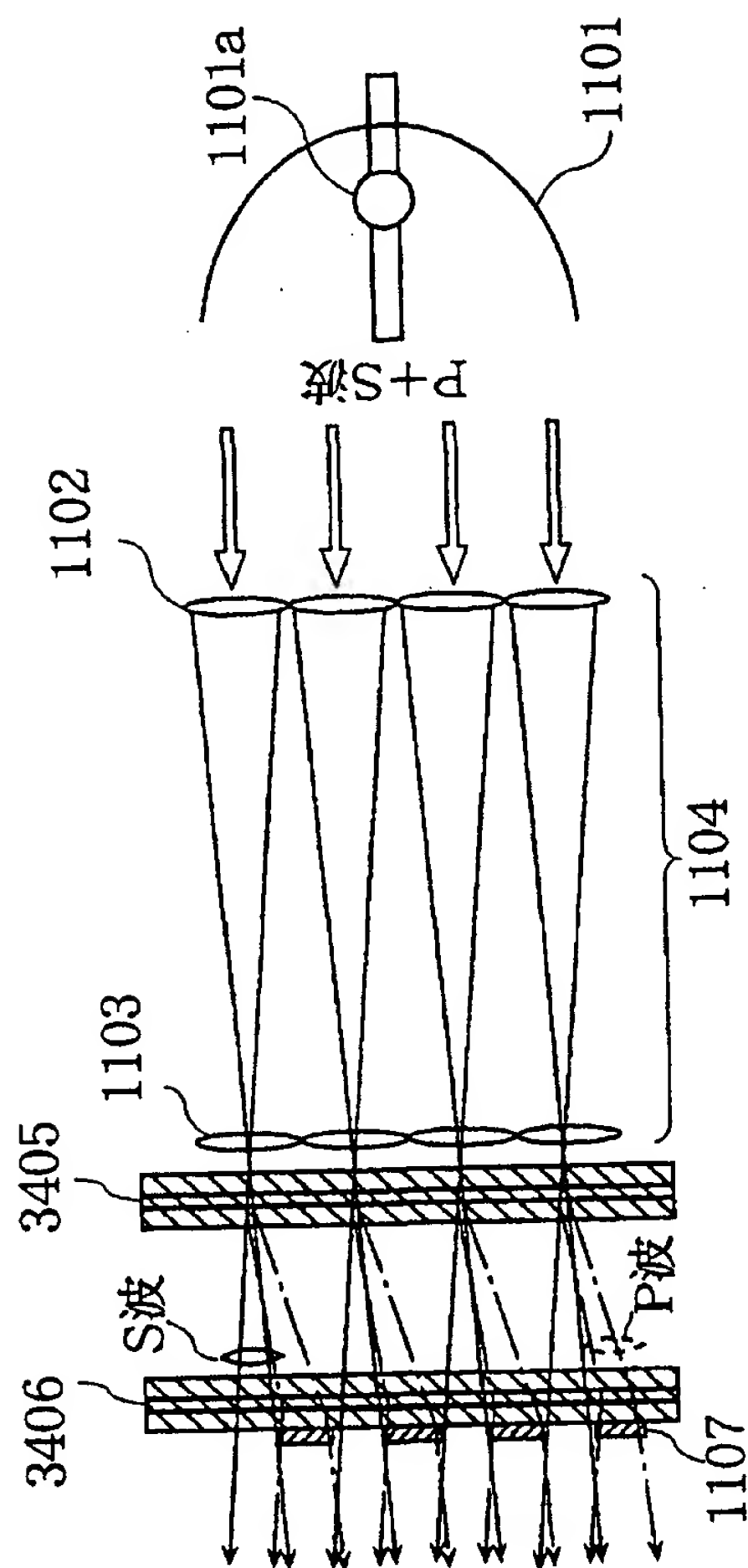


図24

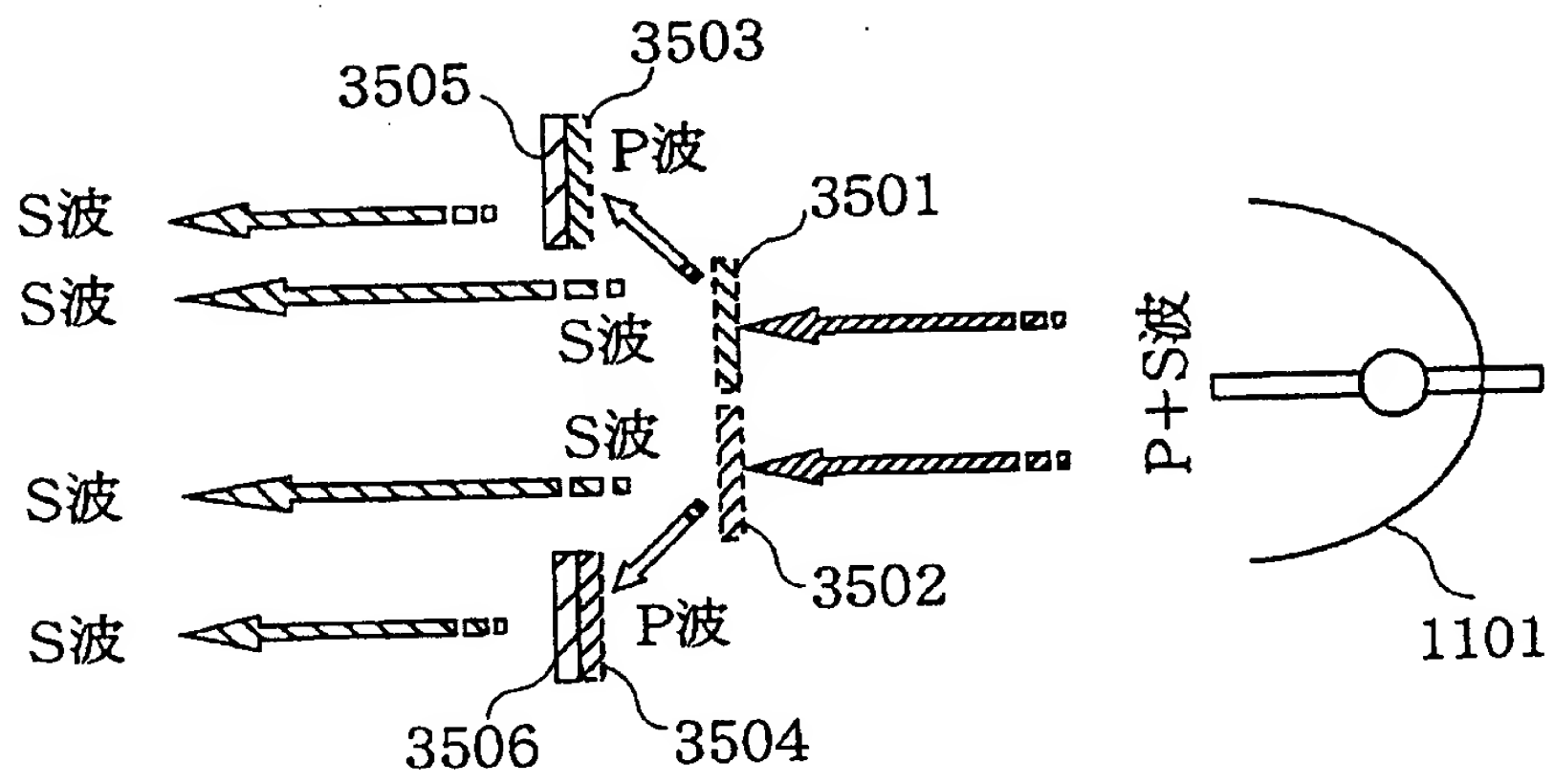


図25

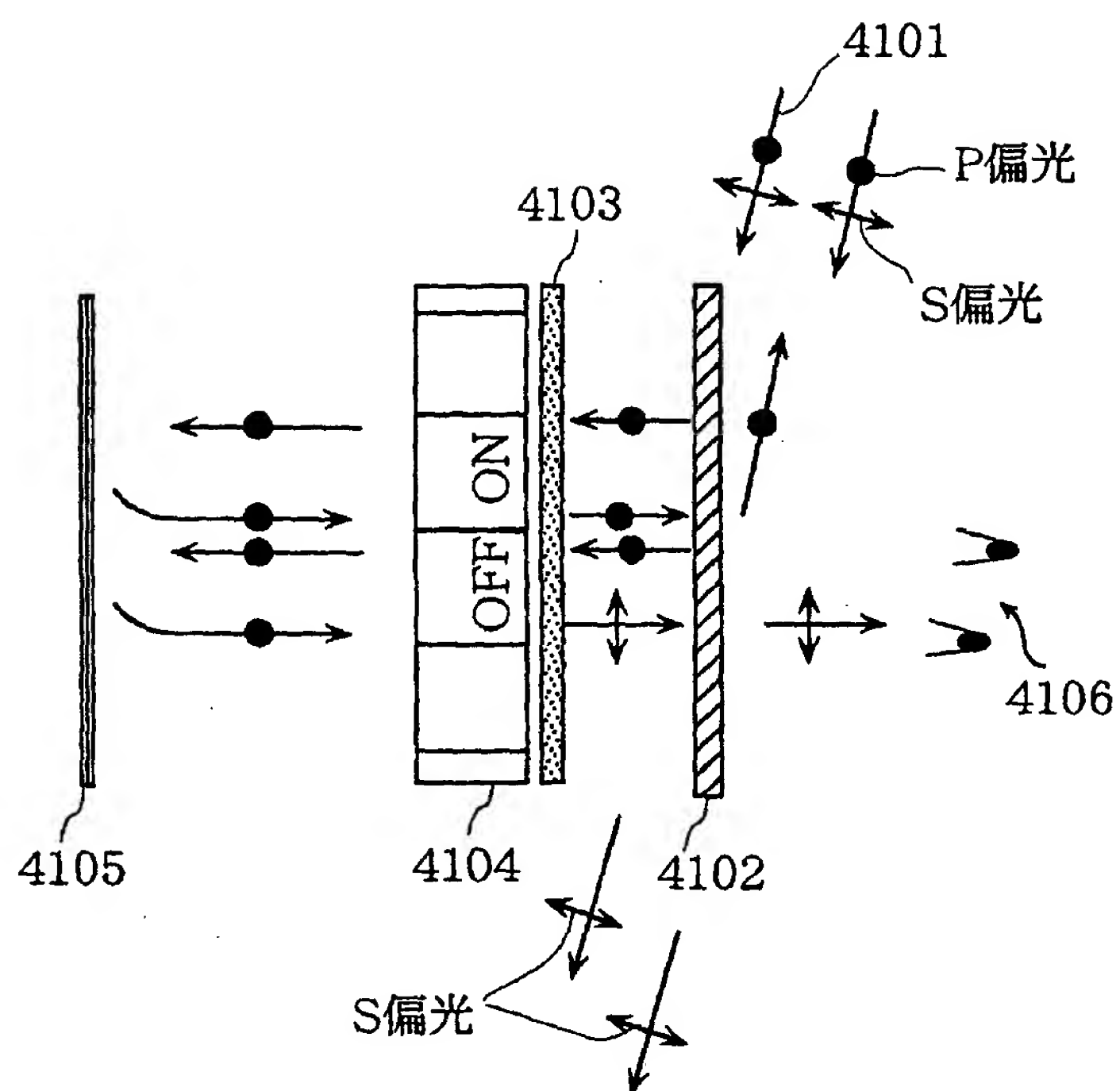


図26

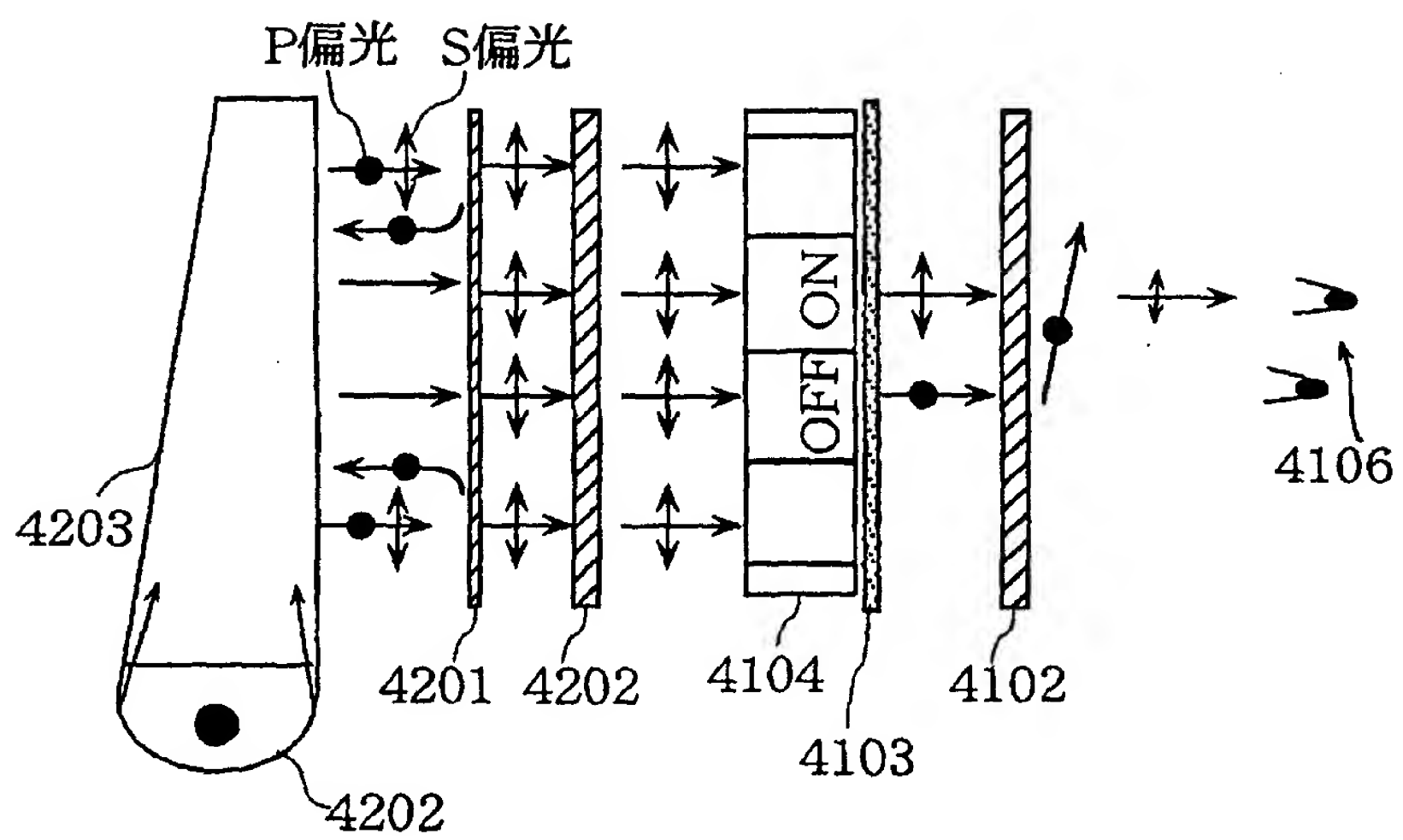


図27

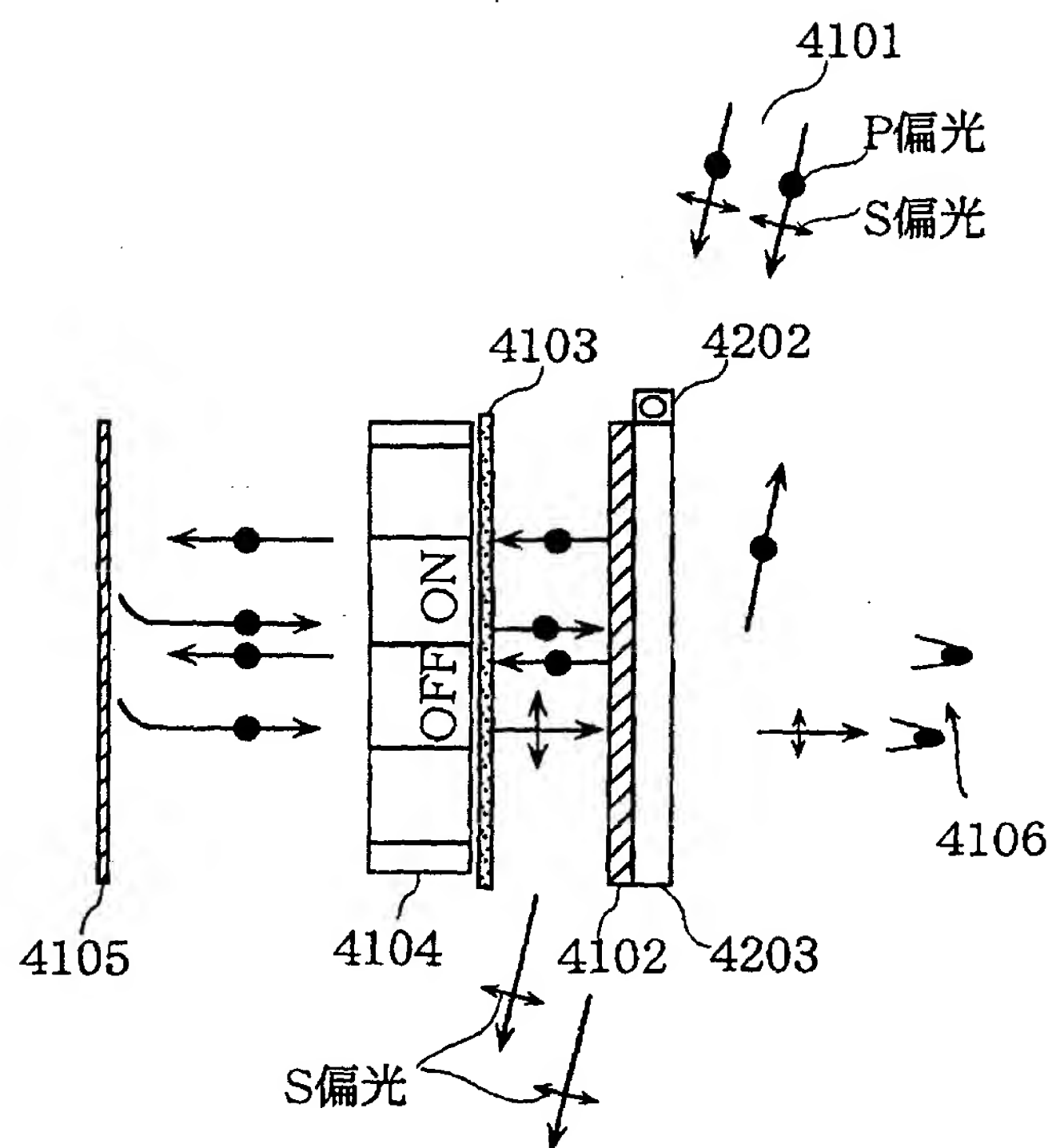


図28

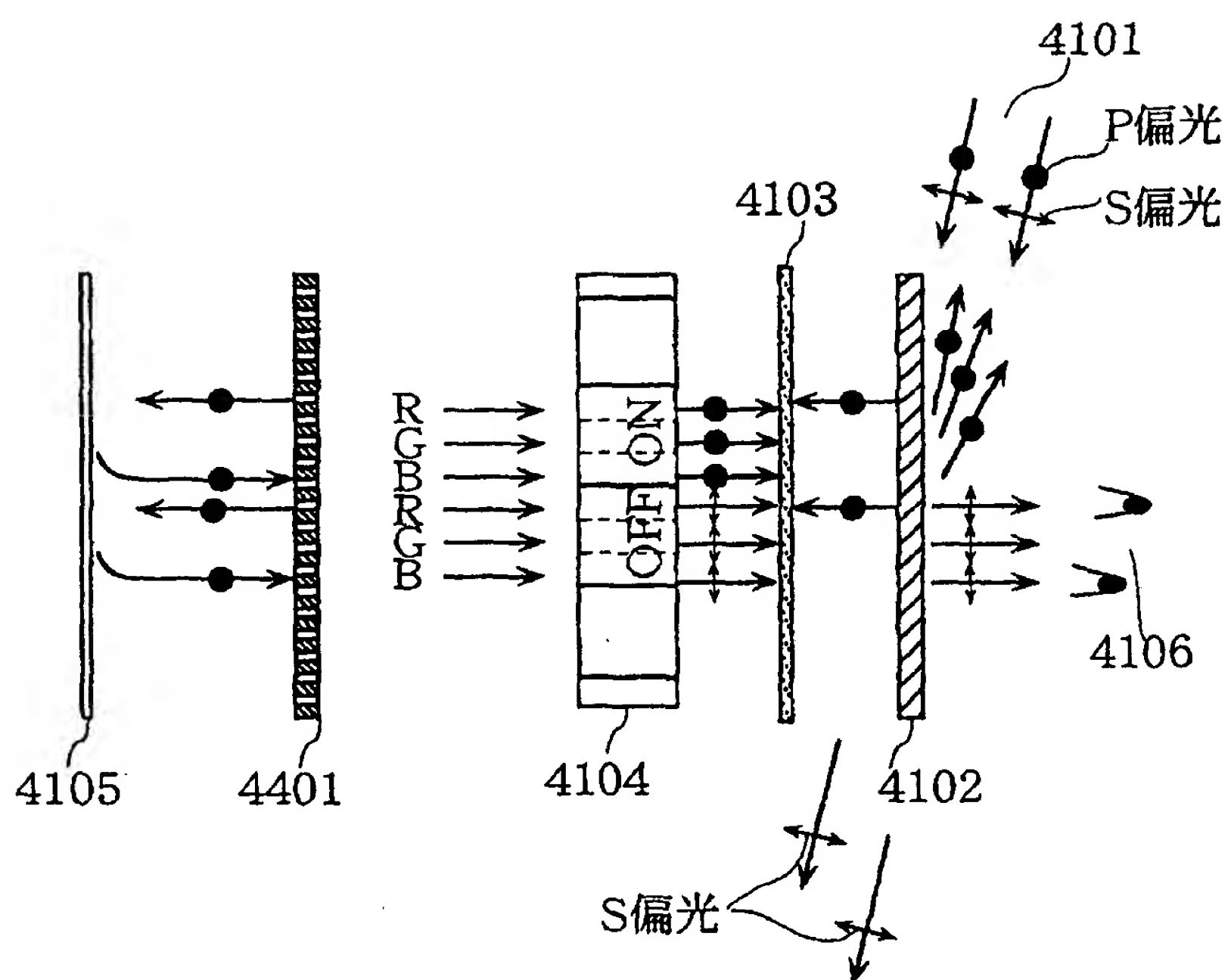


図29

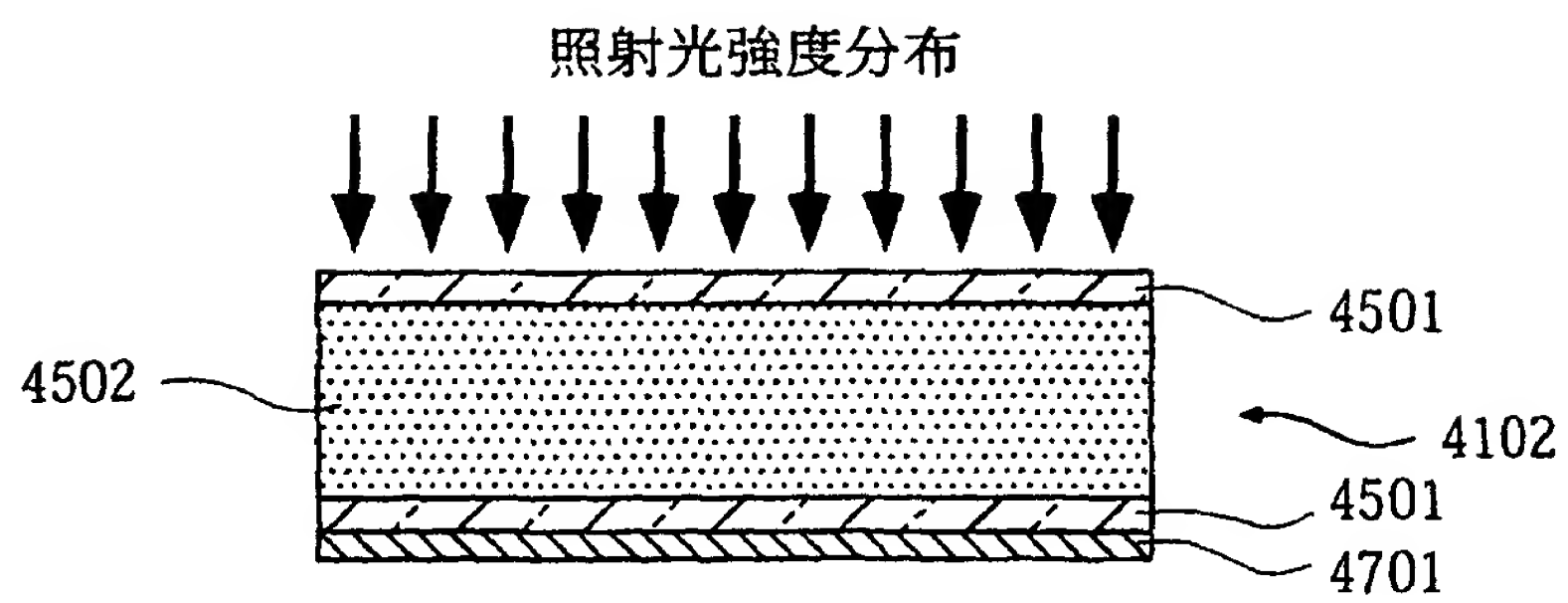


図30

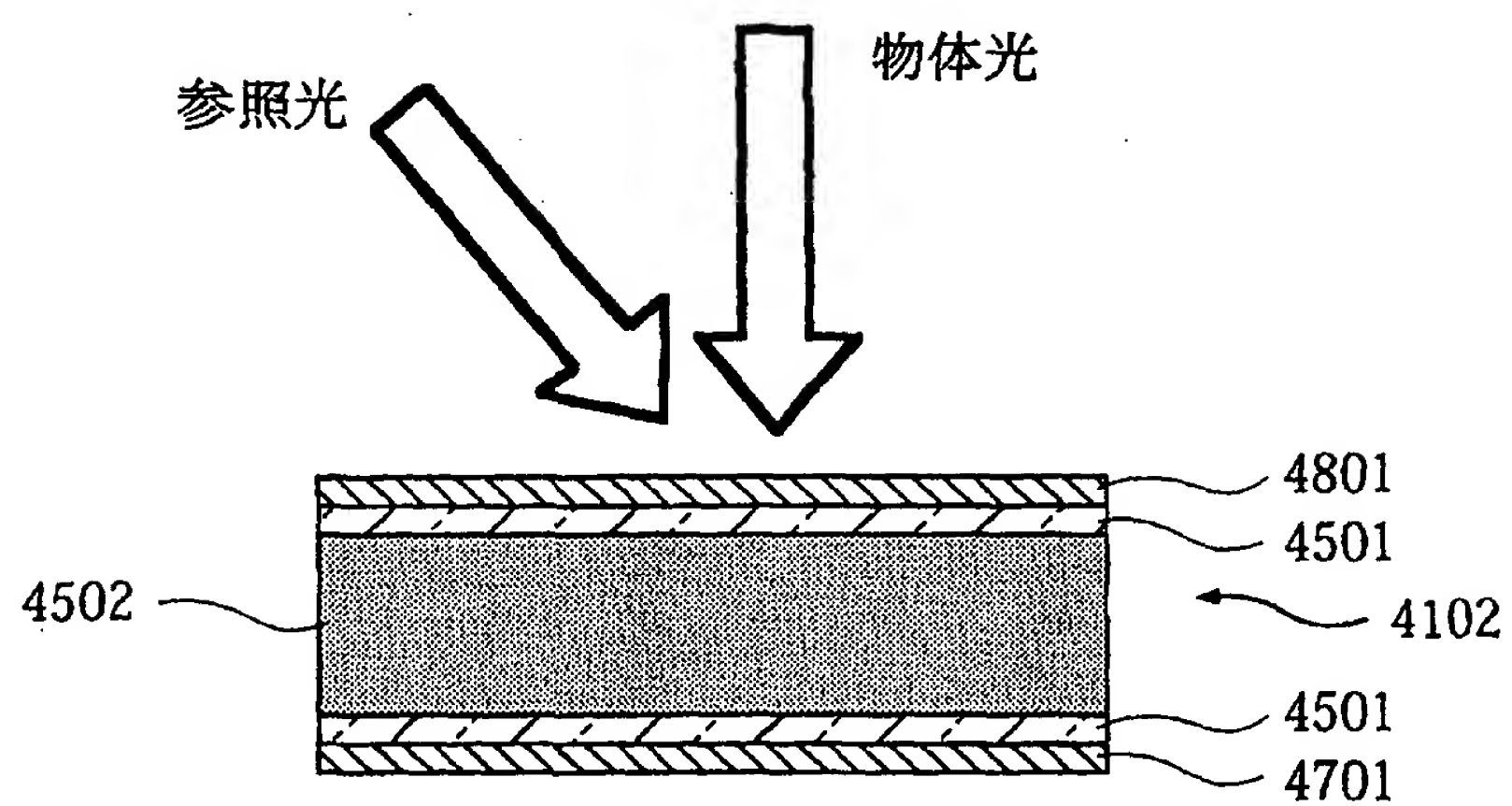


図31

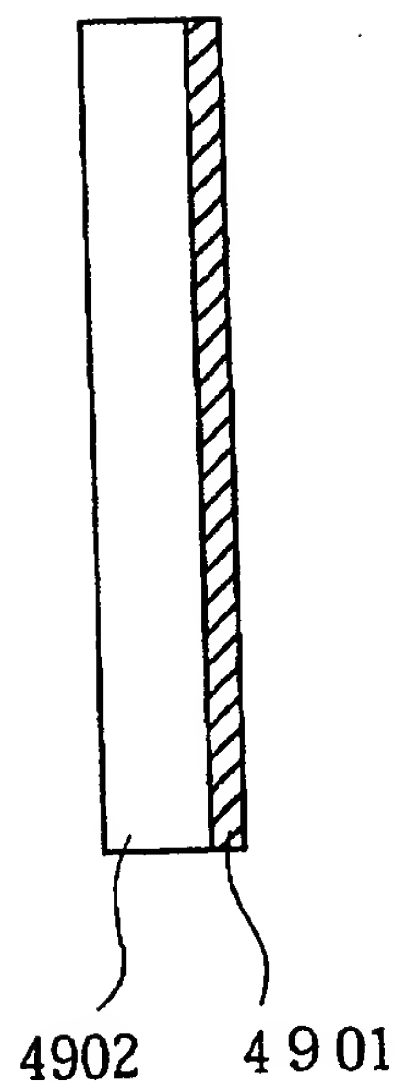


図32

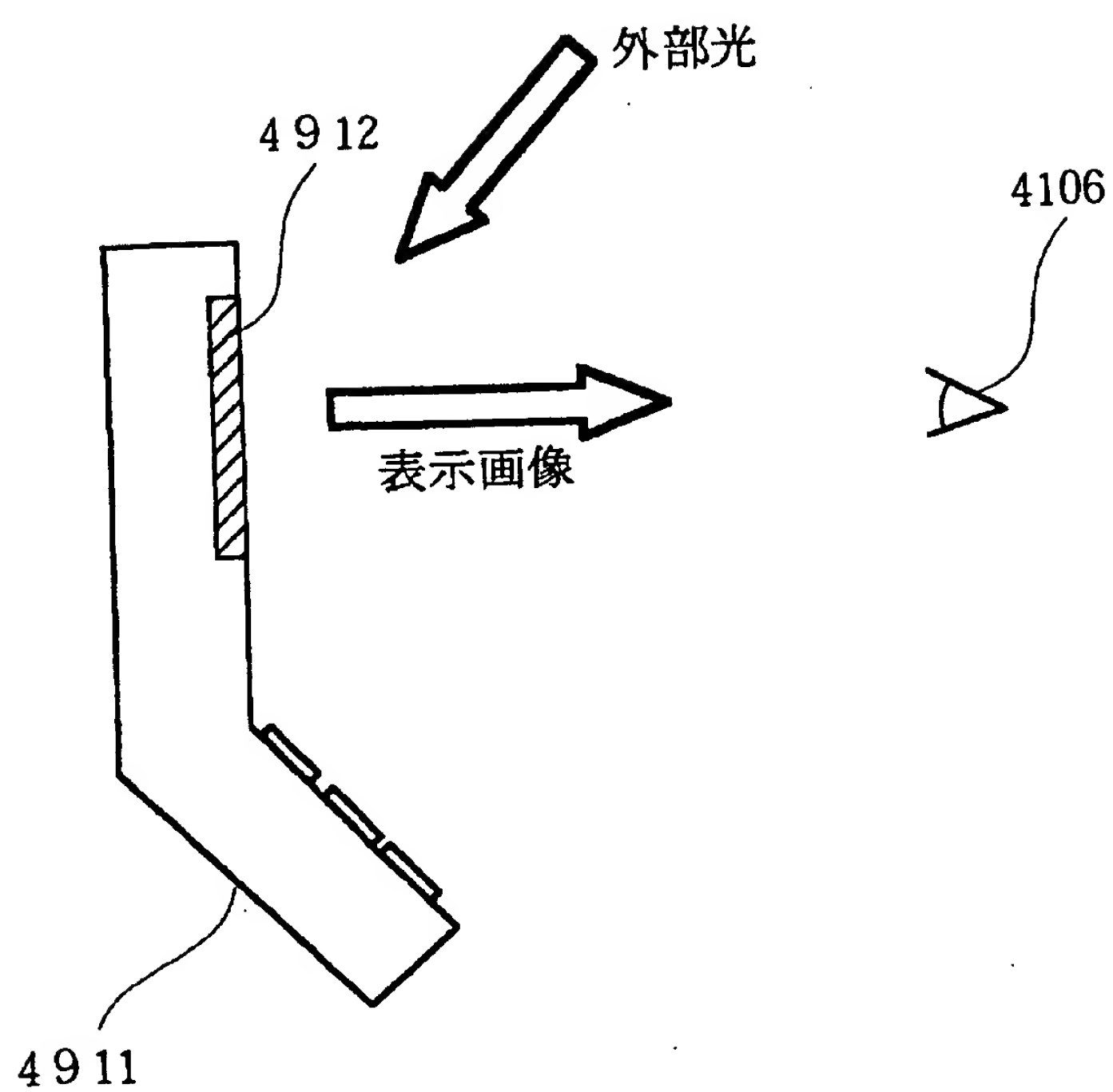


図33

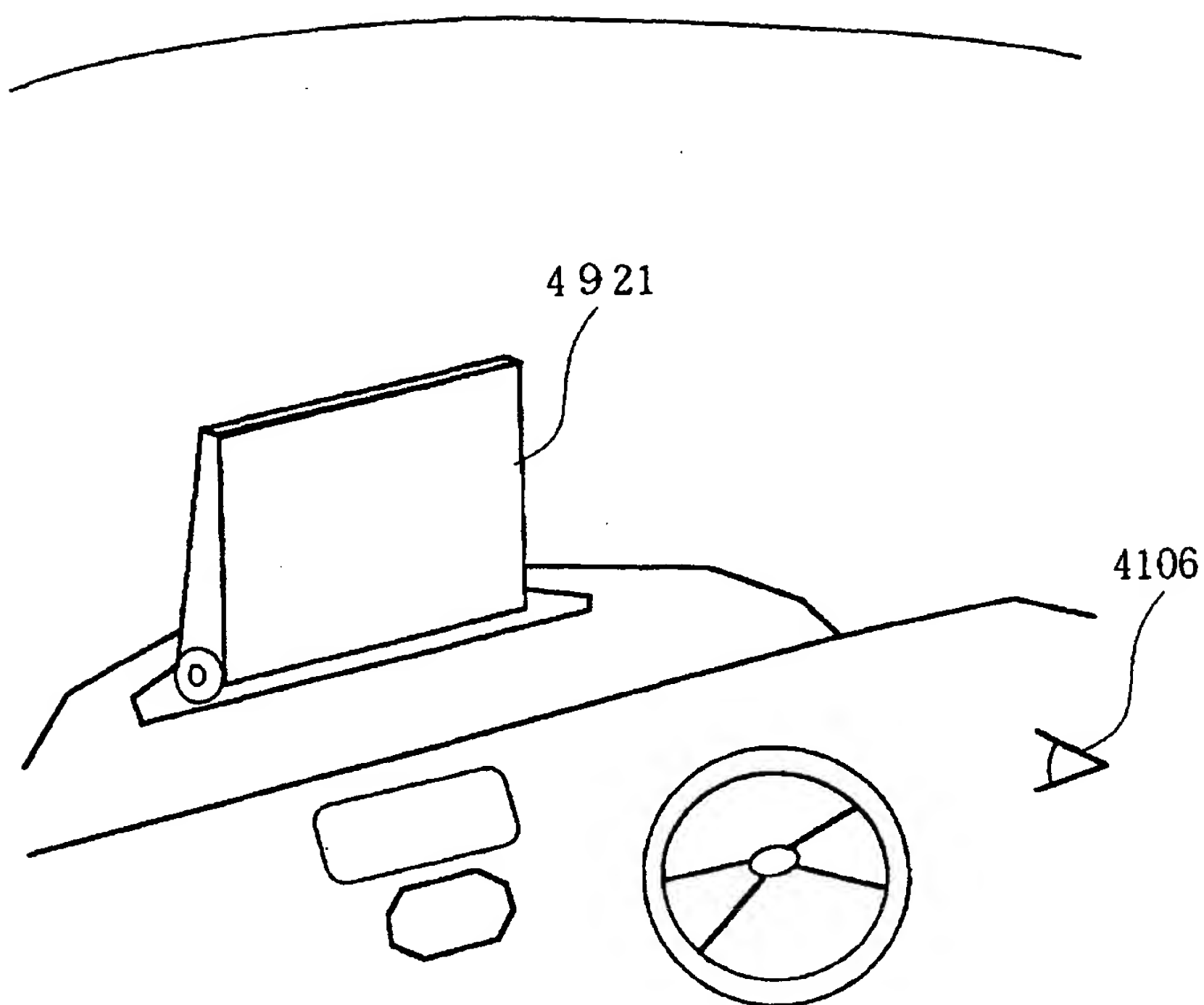


図34

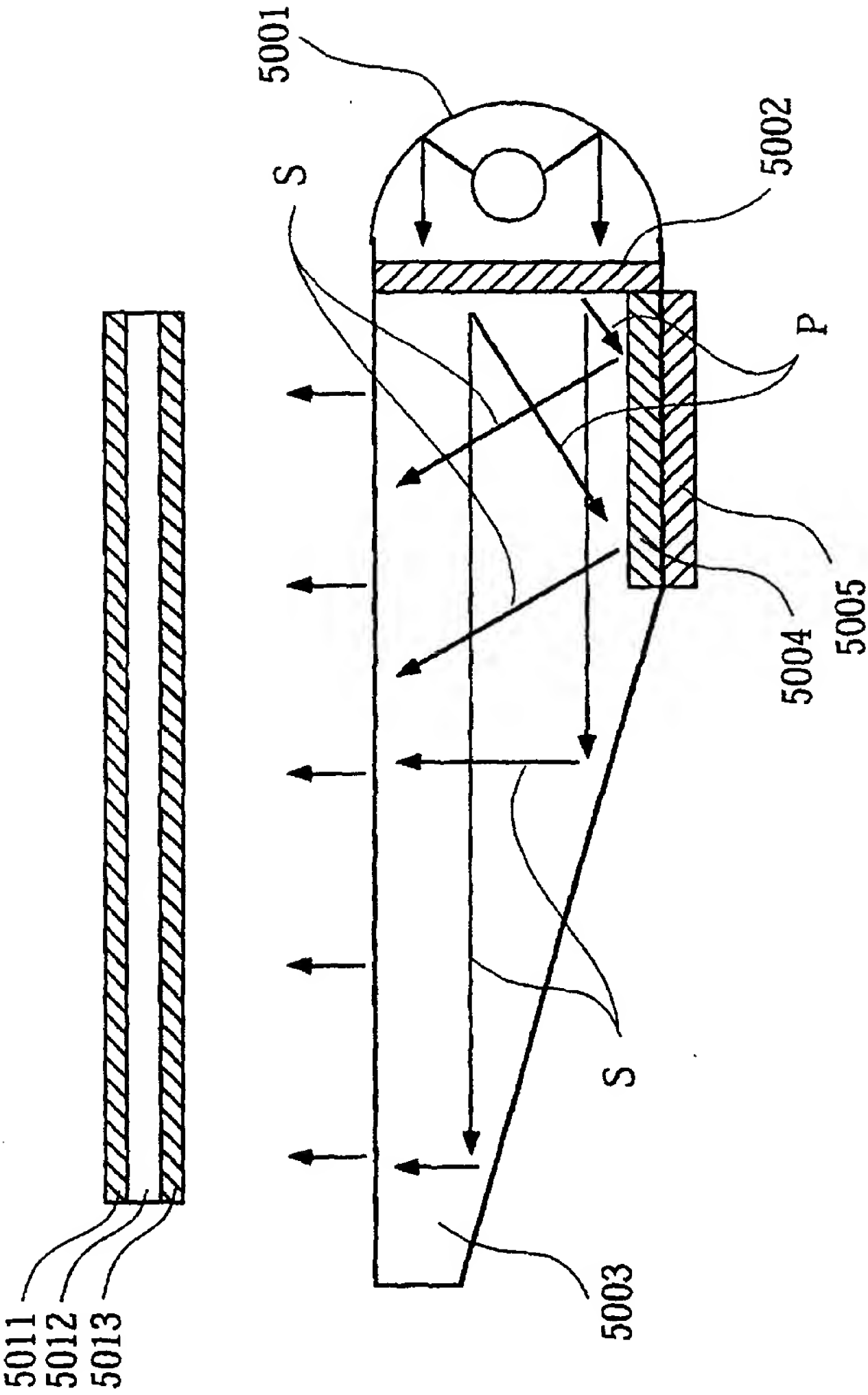


図35

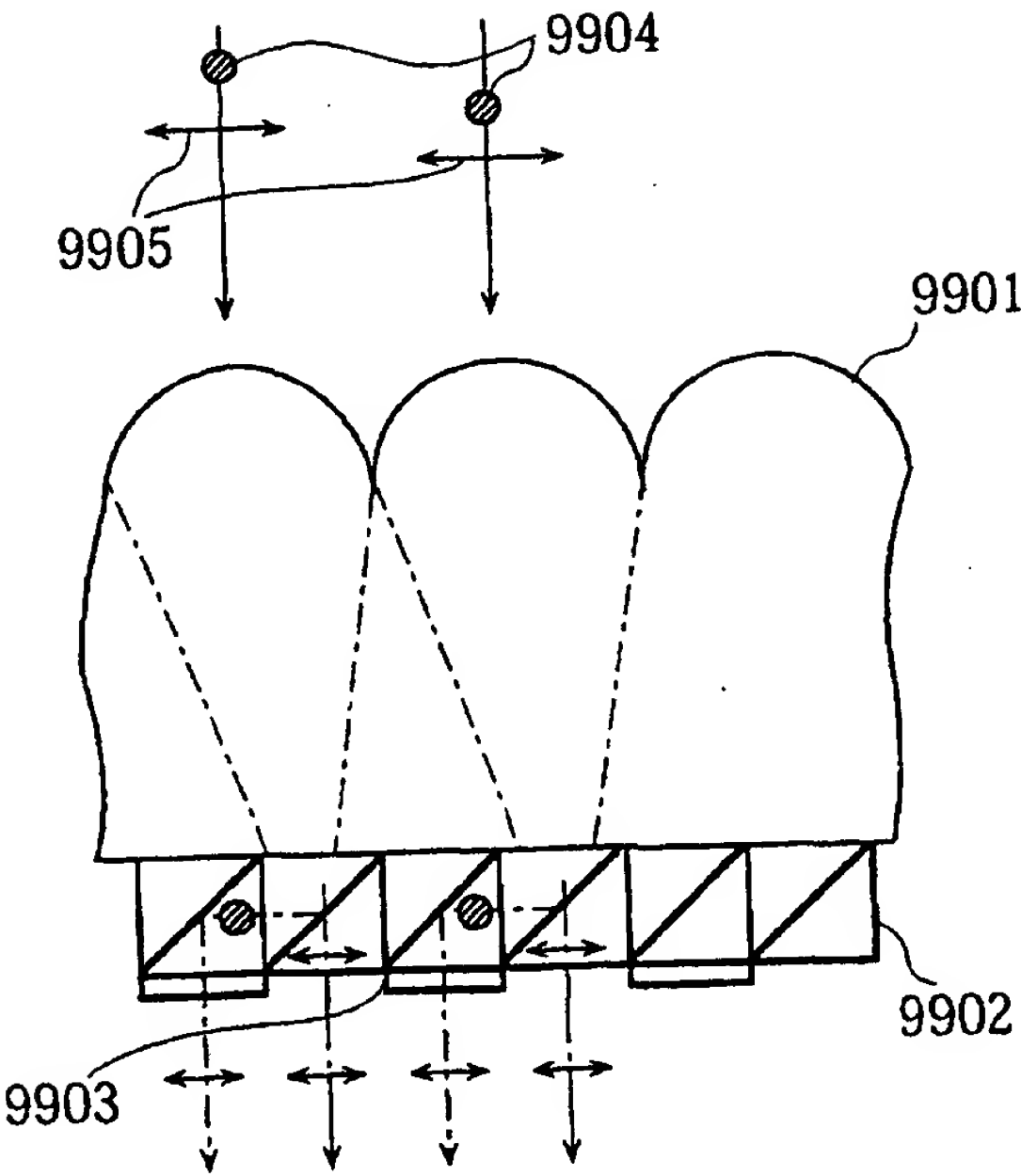
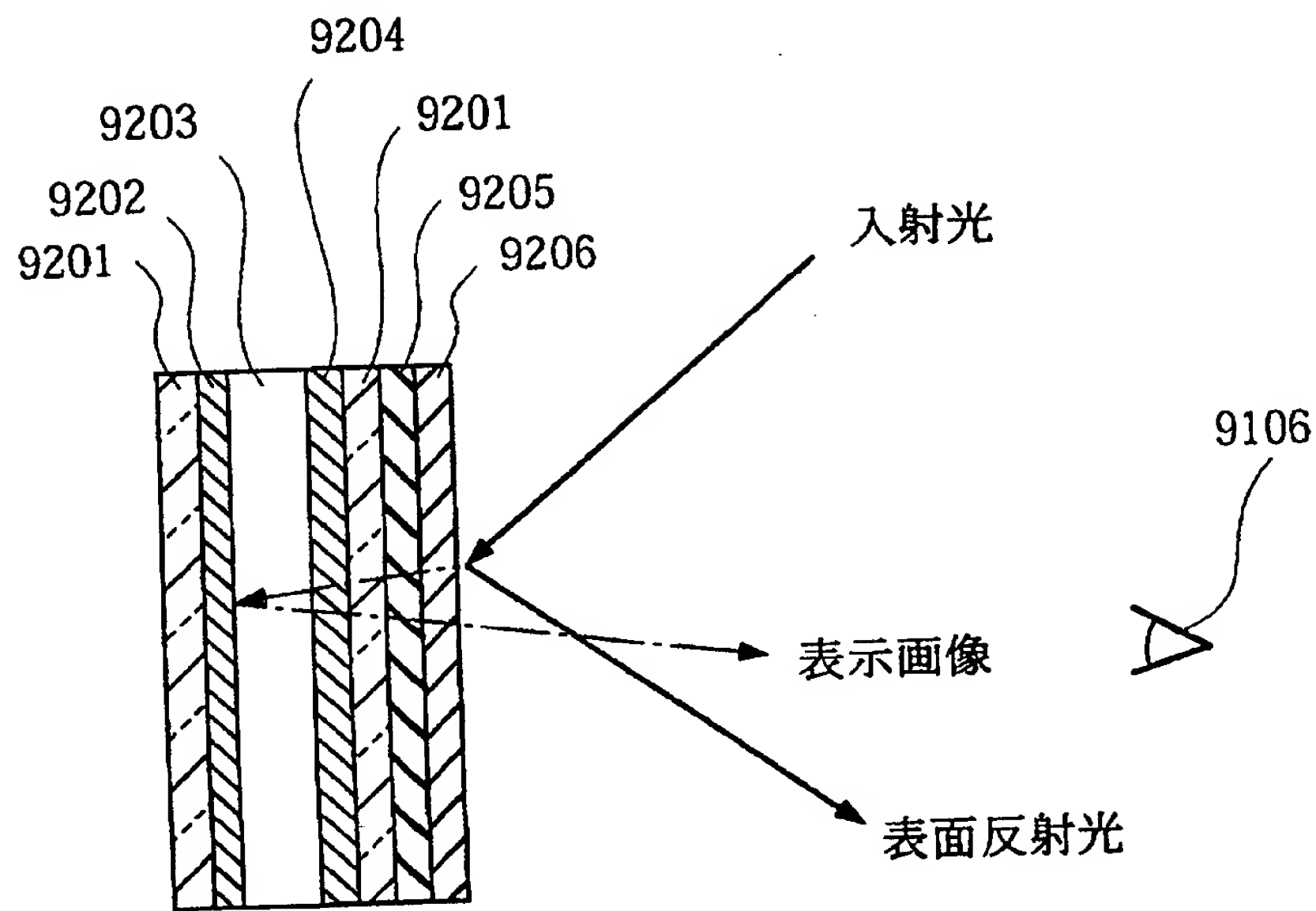


図36



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP99/06659

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER Int.Cl. ⁷ G02B27/28, G02B5/18, G02B5/30, G02F1/13, G02B1/1335		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) Int.Cl. ⁷ G02B27/28, G02B5/18, G02B5/30, G02F1/13, G02B1/1335		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2000 Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2000 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2000		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP, 10-197827, A (Matsushita Electric Ind. Co., Ltd.), 31 July, 1998 (31.07.98),	1, 2, 3, 6, 7, 9, 33, 38, 52-54, 68
Y	Full text; Figs. 1 to 14 (Family: none)	8, 10-12, 34-37, 51, 55, 56
A		4, 5, 57, 58
X	EP, 777136, A (Victor Co Of Japan), 04 June, 1997 (04.06.97),	13, 15
Y	Full text; Figs. 1 to 26 & JP, 9-189809, A	16, 34, 35, 49, 50 14
X	JP, 10-221515, A (Matsushita Electric Ind. Co., Ltd.), 21 August, 1998 (21.08.98),	25
Y	Full text; Figs. 1 to 4 (Family: none)	11, 12, 16, 49-51 , 55, 56
A		17-24, 26-32, 39 -48, 59-67
Y	JP, 9-281481, A (Teijin Limited), 31 October, 1997 (31.10.97), Full text; Figs. 1, 2 (Family: none)	8
Y	US, 5576870, A (Matsushita Electric Industrial Co.),	10
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier document but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 07 March, 2000 (07.03.00)		Date of mailing of the international search report 14 March, 2000 (14.03.00)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office		Authorized officer
Facsimile No.		Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP99/06659

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
	19 November, 1996 (19.11.96), Full text; FIGS.1-13 (b) & JP, 7-5469, A	
Y	JP, 10-186356, A (NIPPON OIL COMPANY, LTD.), 14 July, 1998 (14.07.98), Full text; Figs. 1 to 18 (Family: none)	36,37
Y	JP, 8-146407, A (Hitachi, Ltd.), 07 June, 1996 (07.06.96), Full text; Figs. 1 to 11 (Family: none)	49
Y	JP, 9-311307, A (Asahi Glass Co., Ltd.), 02 December, 1997 (02.12.97), Full text; Figs. 1 to 5 (Family: none)	50
A	JP, 10-206842, A (Nikon Corporation), 07 August, 1998 (07.08.98), Full text; Figs. 1 to 11 (Family: none)	14

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP99/06659

Box I Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 1 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:
2. ☐ Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:
3. ☐ Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box II Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 2 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

The inventions of claims 1-16, 21, 22, 52-58, 68 relate to a "polarized light illuminator and a method for producing the same". The inventions of claims 17-20, 23-32, 39-48, 59-67 relate to a "method for producing a diffraction optical device". The inventions of claims 33-38, 49-51 relate to an "image display, a terminal information device, and a head-up display". These three groups of inventions are not so linked as to form a single general inventive concept.

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☒ As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fee, this Authority did not invite payment of any additional fee.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:
4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest.
☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

国際調査報告		国際出願番号 PCT/JP99/06659	
A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC)) Int. Cl. ⁷ G02B27/28, G02B5/18, G02B5/30, G02F1/13, G02B1/1335			
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC)) Int. Cl. ⁷ G02B27/28, G02B5/18, G02B5/30, G02F1/13, G02B1/1335			
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの 日本国実用新案公報 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2000年 日本国登録実用新案 1994-2000年 日本国実用新案登録公報 1996-2000年			
国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)			
C. 関連すると認められる文献			
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号	
X	JP, 10-197827, A (松下電器産業株式会社) 31. 7月. 1998 (31. 07. 98) 全文, 第1-14図 (ファミリーなし)	1, 2, 3, 6, 7, 9, 33, 38, 52-54, 68	
Y		8, 10-1 2, 34-3 7, 51, 55, 56	
A		4, 5 57, 58	
<input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。		<input type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。	
* 引用文献のカテゴリー 「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す) 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願		の日の後に公表された文献 「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの 「&」 同一パテントファミリー文献	
国際調査を完了した日 07. 03. 00		国際調査報告の発送日 14.03.00	
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/JP) 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		特許庁審査官 (権限のある職員) 瀬川 勝久 電話番号 03-3581-1101 内線 3295	

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X Y A	EP, 777136, A (Victor Co Of Japan) 4. 6月. 1997 (04. 06. 97) 全文, 第1-26図 & JP, 9-189809, A	13、15 16、34、 35、49 50 14
X Y A	JP, 10-221515, A (松下電器産業株式会社) 21. 8月. 1998 (21. 08. 98) 全文, 第1-4図 (ファミリーなし)	25 11、12 16、49- 51、55、 56 17-24、 26-32、 39-48、 59-67
Y	JP, 9-281481, A (帝人株式会社) 31. 10月. 1997 (31. 10. 97) 全文, 第1, 2図 (ファミリーなし)	8
Y	US, 5576870, A (Matsushita Electric Industrial Co.) 19. 11月. 1996 (19. 11. 96) 全文, FIG. 1-FIG13 (b) & JP, 7-5469, A	10
Y	JP, 10-186356, A (日本石油株式会社) 14. 7月. 1998 (14. 07. 98) 全文, 第1-18図 (ファミリーなし)	36、37
Y	JP, 8-146407, A (株式会社日立製作所) 7. 6月. 1996 (07. 06. 96) 全文, 第1-11図 (ファミリーなし)	49
Y	JP, 9-311307, A (旭硝子株式会社) 2. 12月. 1997 (02. 12. 97) 全文, 第1-5図 (ファミリーなし)	50
A	JP, 10-206842, A (株式会社ニコン) 7. 8月. 1998 (07. 08. 98) 全文, 第1-11図 (ファミリーなし)	14

第Ⅰ欄 請求の範囲の一部の調査ができないときの意見（第1ページの2の続き）

法第8条第3項（PCT17条(2)(a)）の規定により、この国際調査報告は次の理由により請求の範囲の一部について作成しなかった。

1. ☐ 請求の範囲 _____ は、この国際調査機関が調査をすることを要しない対象に係るものである。つまり、
2. ☐ 請求の範囲 _____ は、有意義な国際調査をすることができる程度まで所定の要件を満たしていない国際出願の部分に係るものである。つまり、
3. ☐ 請求の範囲 _____ は、従属請求の範囲であってPCT規則6.4(a)の第2文及び第3文の規定に従って記載されていない。

第Ⅱ欄 発明の単一性が欠如しているときの意見（第1ページの3の続き）

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるとこの国際調査機関は認めた。

請求項1～16、21、22、52～58、68は「偏光照明装置、及びその製造方法」の発明であり、請求項17～20、23～32、39～48、59～67は「回折光学素子の製造方法」の発明であり、請求項33～38、49～51は「画像表示装置、端末情報装置、ヘッドアップディスプレイ」の発明である。そして、これらの三つの発明群が単一の一般的発明概念を形成するように連関している一群の発明であるとは認められない。

1. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求の範囲について作成した。
2. ☒ 追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求の範囲について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。
3. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったので、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求の範囲のみについて作成した。
4. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったので、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求の範囲について作成した。

追加調査手数料の異議の申立てに関する注意

- ☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあった。
- ☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがなかった。